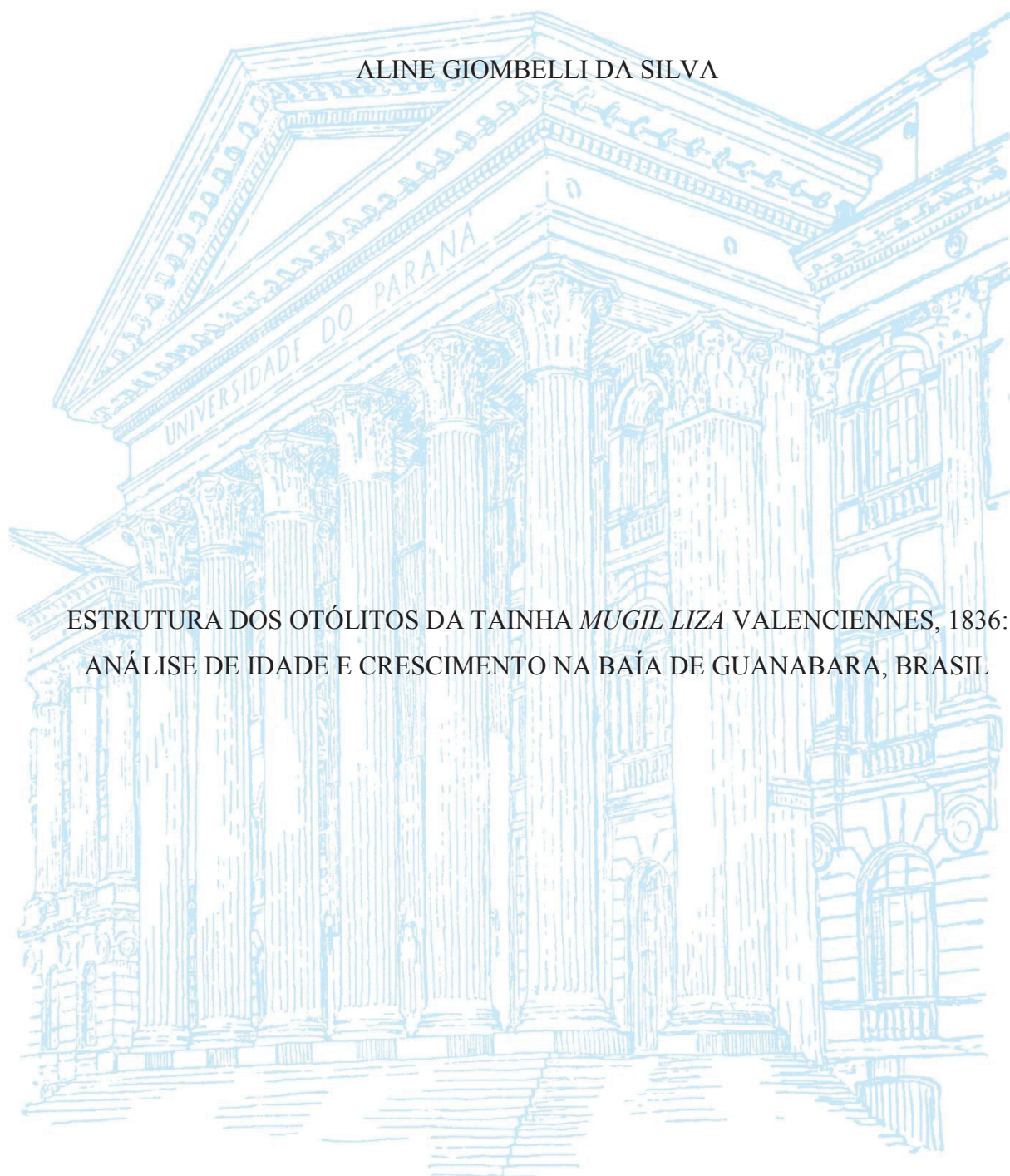


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALINE GIOMBELLI DA SILVA



ESTRUTURA DOS OTÓLITOS DA TAINHA *MUGIL LIZA* VALENCIENNES, 1836:  
ANÁLISE DE IDADE E CRESCIMENTO NA BAÍA DE GUANABARA, BRASIL

PALOTINA

2018

ALINE GIOMBELLI DA SILVA

ESTRUTURA DOS OTÓLITOS DA TAINHA *MUGIL LIZA VALENCIENNES*, 1836:  
ANÁLISE DE IDADE E CRESCIMENTO NA BAÍA DE GUANABARA, BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável do Setor Palotina, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável.

Área de concentração: Produção de organismos aquáticos e impactos ambientais da atividade de Aquicultura

Orientador: Prof. Dr. André Martins Vaz-dos-Santos

Coorientador: Prof. Dr. Cassiano Monteiro Neto

PALOTINA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586 Giombelli-da-Silva, Aline  
Estrutura dos otólitos da tainha *Mugil liza* Valenciennes, 1836: análise de idade e crescimento na Baía de Guanabara, Brasil / Aline Giombelli da Silva – Palotina, 2019.  
38f.

Orientador: André Martins Vaz-dos-Santos  
Coorientador: Cassiano Monteiro Neto  
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável.

1. Microestrutura. 2. Ultraestrutura. 3. von Bertalanffy.  
4. Gompertz. I. Vaz-dos-Santos, André Martins. II. Monteiro Neto, Cassiano. III. Universidade Federal do Paraná. VI. Título.

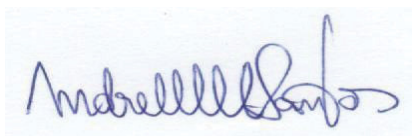
CDU 639

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AQUICULTURA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **ALINE GIOMBELLI DA SILVA** intitulada: **Estrutura dos otólitos da tainha, *Mugil liza* (Valenciennes, 1836): análise de idade e crescimento na baía de Guanabara, Brasil**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

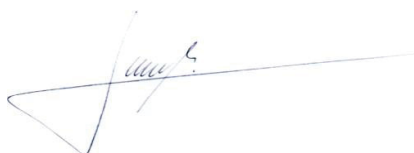
Palotina, 12 de Dezembro de 2018.



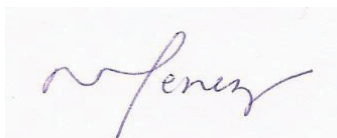
ANDRÉ MARTINS VAZ DOS SANTOS  
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)



FRANCISCO MARCANTE SANTANA DA  
SILVA  
Avaliador Externo (UFRPE)



VINICIUS ABILHOA  
Avaliador Externo (UFPR)



MÁRCIA SANTOS DE MENEZES  
Avaliador Externo (UFPR)

## RESUMO

No Brasil a tainha *Mugil liza* é um importante recurso pesqueiro que vem sendo explorado constantemente, a qual foi categorizada como espécie quase ameaçada em 2015. Para compreender do ciclo de vida da espécie, com base em informações de idade e crescimento, objetivou-se em validar a idade por meio das análises macro, micro e ultraestruturais em otólitos sagitta, fornecendo ainda os parâmetros do crescimento para indivíduos do primeiro ano de vida e adultos. Os otólitos foram seccionados transversalmente, polidos em ambas as faces com lixas metalográficas e submersos em EDTA 5%. Posteriormente foram analisados em estereomicroscópio, microscópio óptico e no microscópio eletrônico de varredura (MEV), para evidenciar a macro, micro e ultraestrutura, respectivamente. As macro e microestruturas foram contadas e medidas do núcleo a margem em eixos de leituras distintas. O padrão de crescimento do otólito foi verificado a partir da caracterização da forma e disposição do cristal de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). O comprimento total foi retrocalculado e as curvas de crescimento foram ajustadas pelos modelos de Gompertz e von Bertalanffy. Foram encontrados otólitos com até 9 macroestruturas, os quais não representam a idade verdadeira do peixe, uma vez que a análise diária revelou que a tainha forma em seu primeiro ano de vida cinco macroestruturas, sendo que estes representam, 70 dias, 140 dias, 220 dias, 280 dias e 320 dias, respectivamente. Foram caracterizados seis padrões da deposição dos cristais de  $\text{CaCO}_3$ , sendo que cada alteração está associada a uma macroestrutura, com exceção da última característica, que não apresenta um padrão de formação conciso. Os anéis subsequentes ao primeiro ano são formados anualmente entre os meses de janeiro e abril. A atribuição da idade foi realizada a partir das informações obtidas na validação, sendo encontrado peixes com até cinco anos. A curva de crescimento para indivíduos do primeiro ano apresentou os seguintes parâmetros do modelo de Gompertz:  $C_\infty=397,689$  mm,  $G=0,00815$  ano<sup>-1</sup> e  $X_0=94,0161$ ; para os indivíduos adultos com comprimento retrocalculado o von Bertalanffy ajustou:  $C_\infty=507,979$  mm,  $k=1,215$  ano<sup>-1</sup> e  $t_0=0,04$ ; por fim a reparametrização do modelo de von Bertalanffy para os indivíduos com comprimento total observado encontrou:  $C_\infty=594,473$  mm,  $\text{INT}=3$  mm,  $k=2,36$  ano<sup>-1</sup>. Idades e parâmetros do crescimento até o momento estimados para a espécie sustentavam a teoria que os indivíduos apresentavam uma longevidade razoavelmente alta (10 anos), e uma taxa de crescimento baixa, conceito que foi refutado em nossas análises, já que na verdade a tainha apresenta uma menor longevidade e uma alta taxa de crescimento. A validação do primeiro de vida é uma abordagem nova para a espécie e corrobora hipóteses questionadas há muito tempo, ao mesmo tempo fornece uma nova forma de se analisar a idade e o crescimento, prevendo a gestão e conservação da espécie.

**Palavras-chave:** Macroestrutura. Microestrutura. Ultraestrutura. von Bertalanffy. Gompertz.

## ABSTRACT

In Brasil the mullet *Mugil liza* is an important fishery resource that has been constantly explored, which was categorized as a near-threat species in 2015. To understand the life cycle of the species, based on information of age and growth, was aimed at validate age by means of macro, micro and ultrastructure analyzes in sagitta otoliths, and provide the parameters of growth for individuals of the first year of life and adults. The otoliths were transversally sectioned, polished on both sides with wet sandpapers and submerged in EDTA 5%. Posteriorly analyzed in a stereomicroscope, optical microscope and scanning electron microscope (SEM), to show the macro, micro and ultrastructure, respectively. The macro and microstructures were counted and measured from the core to the margin in axes of distinct readings. The otolith growth pattern was verified from the characterization of the shape and arrangement of the calcium carbonate crystal ( $\text{CaCO}_3$ ). The total length was retrocalculated and the growth curves were adjusted by the Gompertz and von Bertalanffy models. It was found the otoliths with up to 9 macrostructures, which do not represent the true age of the fish, since the daily analysis revealed that in the first year of life five macrostructures were formed, which represent 70 days, 140 days, 220 days, 280 days and 320 days, respectively. Six patterns of  $\text{CaCO}_3$  crystal deposition were characterized, with each change being associated with a macrostructure, with the exception of the latter characteristic, which does not present a concise formation pattern. The rings subsequent to the first year are formed annually between the months of January and April. The age attribution was based on the information obtained in the validation, being found fish with up to five years. The growth curve for individuals of the first year presented the following parameters of the Gompertz model:  $C_\infty = 397.689$  mm,  $G = 0.00815$  year<sup>-1</sup> and  $X_0 = 94.0161$ ; for adults with retrocalculated length the von Bertalanffy adjusted:  $C_\infty = 507.979$  mm,  $k = 1.215$  year<sup>-1</sup> and  $t_0 = 0.04$ ; Finally, the reparametrization of the von Bertalanffy model for individuals with observed total length found:  $C_\infty = 594.473$  mm,  $\text{INT} = 3$  mm,  $k = 2.36$  year<sup>-1</sup>. Age and growth parameters estimated to date for the species supported the theory that subjects had a fairly high longevity (10 years), and a low growth rate, a concept that was refuted in our analyzes, since in fact the mullet presents reduced longevity and a high rate of growth. The validation of the first of life is a new approach to the species and corroborates hypotheses questioned for a long time, at the same time provides a new way of analyzing age and growth, predicting the management and conservation of the species.

**Keywords:** Macrostructure. Microstructure. Ultrastructure. von Bertalanffy. Gompertz.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	6
<b>2. OBJETIVO GERAL</b>	9
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b>	10
3.1 ÁREA DE ESTUDO	10
3.2 AMOSTRAGENS	10
3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS	11
3.4 ANÁLISE DE OTÓLITOS	12
3.4.1 Validação	13
3.4.2. Atribuição da idade	15
3.5 MODELAGEM DO CRESCIMENTO	15
3.5.1 Crescimento durante o primeiro ano de vida	15
3.5.2 Crescimento dos peixes adultos	17
<b>4. RESULTADOS</b>	18
4.1 ANÁLISE DE OTÓLITOS	20
4.1.1 Análise macroestrutural	20
4.1.2 Validação	20
4.2 MODELAGEM DO CRESCIMENTO	25
4.2.1 Crescimento durante o primeiro ano de vida	26
4.2.2 Crescimento de peixes adultos	27
<b>5. DISCUSSÃO</b>	31
<b>6. CONCLUSÃO</b>	37
<b>REFERÊNCIAS</b>	38



## 1. INTRODUÇÃO

As tainhas e paratis (família Mugilidae) estão amplamente distribuídas nos oceanos Pacífico e Atlântico, habitando diversos ambientes costeiros (CARVALHO-FILHO, 1999). No Brasil, os mugilídeos são importantes recursos pesqueiros ocupando o quinto lugar em termos de volume descarregado, ficando atrás apenas da sardinha-verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), do bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*), da corvina (*Micropogonias furnieri*) e da castanha (*Umbrina canosai*). Sua produção tem variado entre 14 a 21 mil toneladas por ano, sendo que a maior parte desta produção ( $\cong 40\%$ ) provém das regiões Sudeste e Sul (cf. IBAMA, 2005; 2006; 2007; MPA, 2008-2009; 2010; 2011), onde são capturadas em pescarias artesanais e comerciais.

A tainha *Mugil liza* Valenciennes, 1836, é uma espécie que passa parte do seu ciclo de vida em estuários, migrando para o mar durante períodos de desova (MMA, 2015). Ela está distribuída desde Bermudas, passando pelo sul da Florida, e em todo mar do caribe até o sul da Argentina (BERLETTA; DANTAS, 2016). A pesca da tainha é realizada por meio de tarrafas, redes de emalhar e redes de cerco, sendo esta última a mais comum (PROSSER, 2016). A pesca artesanal é uma tradição em várias regiões brasileiras, sendo sua captura em frotas comerciais secundária (MMA, 2015). Usualmente sua captura aumenta no período reprodutivo, entre os meses de abril e agosto (ALBIERI; ARAÚJO, 2010; LEMOS *et al.*, 2014), quando migram para mar aberto para desovar (HERBST; HANAZAKI, 2014). Essa espécie é capturada antes da desova, pois suas ovas possuem alto interesse comercial, sendo consideradas o “caviar brasileiro” (ABREU-MOTA; MEDEIROS; NOERNBERG, 2018). A produção de *M. liza* no Brasil tem oscilado muito nos últimos anos em consequência da sobre pesca (MMA, 2015; ABREU-MOTA; MEDEIROS; NOERNBERG, 2018), o que ocasionou a classificação como espécie Quase Ameaçada pelo Ministério do Meio Ambiente em 2015.

Estudos sobre a biologia reprodutiva da espécie indicam que a desova é total e ocorre entre os meses de abril e agosto (ALBIERI; ARAÚJO, 2010; LEMOS *et al.*, 2014). O comprimento de primeira maturação gonadal ( $L_{50}$ ) varia entre 350 e 410 mm (ALBIERI; ARAÚJO, 2010; GONZÁLEZ-CASTRO *et al.*, 2011; LEMOS *et al.*, 2014), com variação intraespecífica, com tendência de diminuição do  $L_{50}$  conforme a diminuição da latitude (GONZALEZ-CASTRO; MINOS, 2016). Após a desova, os recrutas podem permanecer até um ano em mar aberto, esperando condições favoráveis para entrarem no estuário, juntamente com os adultos, que para lá retornam (MMA, 2015). A tainha pode atingir até 10 anos e também



pode apresentar taxas de crescimento diferenciadas em regiões distintas (GONZALEZ-CASTRO; ABACHIAN; PERROTTA, 2009; GARBIN *et al.*, 2014). Ainda não se tem informações sobre quais e quantos são os estoques de tainha na costa brasileira. Entretanto sabe-se, com base em estudos genéticos, que a população de *M. liza* do Rio de Janeiro e áreas ao norte (população norte) é geneticamente diferente daquela do Sudeste-Sul do Brasil e Argentina (população do Sul) (MAI *et al.*, 2014).

Estudos de idade e crescimento fornecem dados fundamentais para a dinâmica populacional, auxiliando na compreensão da biologia da espécie e dando suporte para seu uso e conservação (KING, 1995). A análise da idade e do crescimento a partir de estruturas rígidas dos peixes é um dos métodos mais acurados (SPARRE; VENEMA, 1998; FONTELES-FILHO, 2011). Os otólitos, concreções de carbonato de cálcio da orelha interna dos peixes são responsáveis por equilíbrio e audição e permitem estudar o crescimento e determinar a idade a partir da interpretação de anéis de crescimento (PANFILI *et al.*, 2002). A interpretação dos anéis permite compreender os períodos em que cada zona (translúcida, de crescimento lento, e opaca, de crescimento rápido) é formada e também discernir o tempo cronológico que ela representa na vida do peixe (GONZÁLEZ- CASTRO; ABACHIAN; PERROTTA, 2009; REHBERG-HAAS *et al.*, 2012). Estas zonas podem ser interpretadas em nível ultraestrutural, pela deposição de carbonato de cálcio durante a formação do otólito, constituindo os incrementos diários (análise microestrutural) que, em macroescala (análise macroestrutural), constituem os incrementos “anuais” (MORALES-NIN, 2000). A deposição de carbonato de cálcio e formação de anéis podem ser influenciados por fatores abióticos (temperatura, salinidade, etc.) e bióticos (alimentação, migração, reprodução, etc.), analisados nestas diferentes instâncias (WRIGTH *et al.*, 2002).

Neste contexto, a formação dos incrementos “anuais” em uma estrutura rígida pode não estar relacionada com a idade propriamente dita (CAMPANA, 2001). Este autor aborda sobre a importância de se validar a frequência de formação de anéis anuais e diários, especialmente durante o primeiro ano de vida, uma vez que a validação fornece dados precisos sobre a verdadeira idade do peixe, evitando sua sub ou sobrestimação. A determinação da taxa de deposição de anéis em otólitos fornece informações necessárias para a compreensão da idade de uma espécie (GEFFEN, 1992). Diversos métodos são utilizados para a validação de anéis macroestruturais, destacando a contagem de anéis diários para a validação de anéis anuais (PANELLA, 1971; MORALES-NIN, 1992).

Adicionalmente, análises da ultraestrutura dos otólitos, ou seja, do padrão de deposição dos cristais de carbonato de cálcio permitem a observação do padrão do crescimento

desta estrutura, em termos de caracterização do cristal e forma depositada (calcita, aragonita, etc.) (GAULDIE, 1993). Desta maneira, pode-se verificar como e se a formação de anéis está relacionada aos padrões de deposição de carbonato de cálcio, identificando também se existem marcas secundárias (anel secundário, centro de crescimento acessório, etc) que podem estar relacionadas a fatores bióticos (WRIGHT *et al.*, 2002; CERMEÑO *et al.*, 2006; REHBERG-HAAS *et al.*, 2012).

Nos otólitos de mugilídeos, o primeiro anel macroestrutural é formado durante a migração dos peixes juvenis, do mar em direção à costa e aos estuários, quando esses indivíduos têm em torno de dois meses de vida (SANTANA *et al.*, 2009; HSU; TZENG, 2009; GARBIN *et al.*, 2014). Os anéis macroestruturais subsequentes ao primeiro são considerados anuais e a validação desses anéis é realizada por meio da relação entre as zonas opacas e translúcidas com as estações quentes e frias do ano (GONZÁLEZ-CASTRO; ABACHIAN; PERROTTA, 2009). Poucos estudos de crescimento baseado em análise de otólitos de *M. liza* têm sido realizados na costa da América do Sul. Consequentemente não se tem conhecimento sobre a formação dessas macroestruturas a nível diário (validação). Além disso, os estudos realizados até o momento englobam apenas indivíduos pertencentes a população sul (Sudeste-Sul do Brasil e Argentina) e informações sobre a idade e o crescimento de indivíduos pertencentes a população norte (cujo extremo sul está relacionado à baía de Guanabara – RJ) são desconhecidas.

Neste contexto, pressupomos que os dois primeiros anéis macroestruturais formados nos otólitos de *M. liza* constituem o primeiro ano de vida da espécie. A determinação dessa taxa de deposição nos otólitos, com base em análises de micro e ultraestrutura, fornecerá dados concisos para a interpretação correta da idade. Consequentemente, irá gerar conhecimentos para estabelecer diretrizes para o estudo do crescimento da espécie.

## 2. OBJETIVO GERAL

Determinar a idade, identificar a estrutura etária e o padrão do crescimento de *Mugil liza* na baía de Guanabara a partir da análise de otólitos *sagitta*.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i. Contar os anéis diários dos otólitos (microestrutura), validando a formação de anéis de crescimento no primeiro ano de vida e sua correspondência na análise macroestrutural;
- ii. Analisar o padrão de deposição de carbonato de cálcio (ultraestrutura) e verificar sua associação com os anéis diários (microestrutura) e “anuais” (macroestrutura);
- iii. Estimar os parâmetros de crescimento;
- iv. Descrever o crescimento de *M. liza*, integrando os resultados das análises macro, micro e ultraestrutural de otólitos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A baía de Guanabara está localizada no estado do Rio de Janeiro, sudeste do Brasil. Possui uma extensão de 381 km<sup>2</sup>, com volume estimado de 1,87x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> e é considerada um dos maiores sistemas de estuários da costa brasileira (KJERFVE *et al.*, 1997; SILVA *et al.*, 2016). A baía apresenta profundidade variada, de poucos metros nas margens à mais de 40m no canal principal (FIGUEIREDO *et al.*, 2014). A maré é semidiurna com variação média de 0,7m (CASTRO; BONECKER; VALENTIN, 2005) e o clima é semitropical úmido (MULATO; CORRÊA; VIANNA, 2015), com períodos de seca (de junho a agosto) e chuvosa (de dezembro a abril) bem definidos (SOARES-GOMES *et al.*, 2016). As variações na condição hidrológica podem ser de origem natural (marés, chuvas e aportes de rios que desagüam no estuário), ou de origem antrópicas, como o despejo de esgotos domésticos e industriais (VALENTIN *et al.*, 1999; RIBEIRO; KJERFVE, 2002; SILVA *et al.*, 2008). Por ser um alvo histórico de várias formas de impacto antropogênico (SOARES-GOMES *et al.*, 2016) e de extrema importância para atividade pesqueira da região (JABLONSKI *et al.*, 2002) a baía de Guanabara tem sido alvo de diversos estudos.

A baía de Guanabara é um estuário pesqueiro de grande importância para o estado do Rio de Janeiro (BEGOT; VIANNA, 2014) e cerca de 25% da produção do estado provém da baía (JABLONSKI; AZEVEDO; MOREIRA, 2006). O estuário exerce um papel complexo e dinâmico por ser uma área de berçário, crescimento, zona de alimentação e reprodução para diversas espécies de peixes (RODRIGUES *et al.*, 2007; APN, 2011; SILVA-JUNIOR; CARVALHO; VIANNA, 2013). Dentre as principais espécies comerciais capturadas na baía de Guanabara encontra-se a tainha *Mugil liza*, com cerca de 24% da produtividade local, ficando atrás apenas da corvina *Micropogonias furnieri* (JABLONSKI; AZEVEDO; MOREIRA, 2006).

#### 3.2 AMOSTRAGENS

As amostragens foram realizadas no contexto do projeto *Recursos Pesqueiros do Rio de Janeiro: subsídios à gestão* (RIOPESCA), executado pelo Laboratório de Ecologia Pesqueira (EcoPesca) da Universidade Federal Fluminense – UFF. As coletas foram realizadas mensalmente entre julho de 2011 e agosto de 2013 com redes de cerco em cinco pontos na

baía de Guanabara (Figura 1). Os indivíduos de *Mugil liza* foram conduzidos ao laboratório, onde foram numerados e obtidos o comprimento total (em milímetros) e o peso (0,01g) e o sexo foi identificado. Os otólitos *sagitta* foram extraídos, limpos, secados e armazenados em microtubos, sendo disponibilizados para o presente estudo.

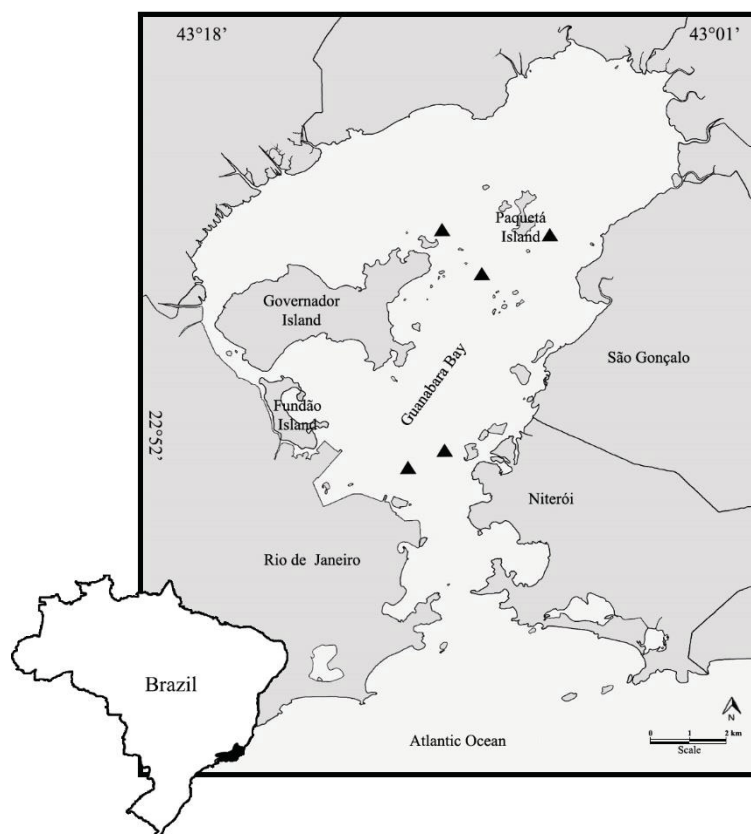


Figura 1 – Baía de Guanabara, Rio de Janeiro – Brasil. Os triângulos (▲) representam as áreas de coleta de *Mugil liza* entre 2011 e 2013. Fonte: O autor (2018).

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

Para analisar a estrutura em tamanho da tainha, construíram-se distribuições de frequências por sexo, com classes de comprimento total de 25 mm, sendo as coletas agrupadas bimestralmente para suficiência numérica. A relação comprimento-peso foi ajustada ao modelo de Huxley (1993) ( $y=ax^b$ ) usando o método iterativo dos mínimos quadrados (SPARRE; VENEMA, 1998). Foram realizados ajustes para os indivíduos grupados e cada sexo em separado, cujas diferenças foram avaliadas através de uma análise de covariância (ANCOVA) com dados transformados ( $\log(x+1)$ ) (ZAR, 2010; VALENTIN, 2012).

### 3.4 ANÁLISE DE OTÓLITOS

A seleção de otólitos para o estudo do crescimento procurou contemplar dez otólitos de indivíduos por classe de comprimento total e por bimestre (regra dos dez, *sensu* GOTELLI; ELLISON, 2011). Os anéis de crescimento em otólitos de mugilídeos podem ser identificados na estrutura inteira, evidenciados com procedimentos simples de hidratação (GARBIN *et al.*, 2014; SOUSA; FABRÉ; BATISTA, 2015). Os otólitos de *M. liza*, foram imersos em água destilada, xilol e glicerina durante diferentes tempos de imersão, afim de verificar a melhor técnica para realçar os anéis de crescimento. Após testes iniciais, os anéis próximos a borda foram difíceis de identificar, optando-se pelo corte da estrutura (SMITH; DEGUARA, 2003).

Os otólitos esquerdos foram emblocados em resina e seccionados transversalmente através do núcleo, com uma cortadora metalográfica de baixa rotação (McCURDY *et al.*, 2002), sendo obtidas duas secções transversais de 25 µm de espessura para evidenciar os anéis macroestruturais (“anuais”). A secção que apresentava núcleo definido e anéis bem visíveis foram fotografadas em estereomicroscópio com câmera acoplada a analisador de imagens (VAZ-DOS-SANTOS, 2015).

Para análise macroestrutural, os anéis de crescimento foram contados e medidos os raios ( $R_{nm}$ , mm) do núcleo até o início de cada zona translúcida no eixo interno, assim como o raio do otólito ( $R_{om}$ , mm), do núcleo até a margem (Figura 2). A natureza da borda foi anotada, se translúcida (TR) ou opaca (OP).

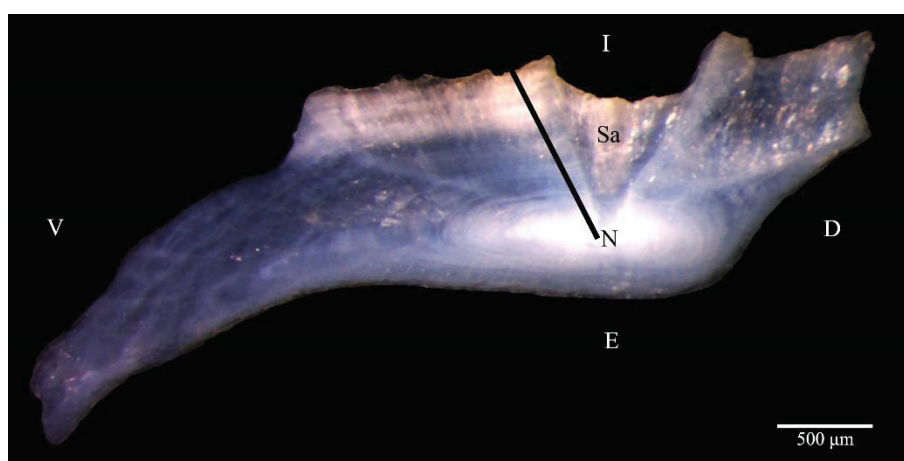


Figura 2 – *Mugil liza*. Secção transversal do otólito. Linha preta) Eixo de leitura dos anéis macroestruturais; N) Núcleo; Sa) Sulco acústico; D) Região dorsal; V) Região ventral; I) Região interna; E) Região externa.

As leituras dos anéis nos otólitos foram realizadas por um único leitor, sem ter acesso às informações do comprimento total e período de captura dos peixes (SPONAUGLE, 2002).

A precisão das mesmas, com base em número de anéis macroestruturais, foi averiguada pelo cálculo do erro percentual médio (EPM) (BEAMISH; FOURNIER, 1981) e do coeficiente de variação (CV) (CHANG, 1982). A variabilidade das medidas dos raios dos anéis foi analisada pelo gráfico de constância e pelo gráfico boxplot (VAZ-DOS-SANTOS, 2015).

### 3.4.1 Validação

#### 3.4.1.1 Análise da estrutura dos otólitos

Uma subamostragem das secções dos otólitos previamente analisadas foi realizada contemplando as classes de comprimento total que possuíam maior quantidade de indivíduos. Essas secções foram submetidas ao polimento em lixas metalográficas a base de água, com diferentes granulometrias: 6000A, 280A, 220A, 30  $\mu\text{m}$ , 9  $\mu\text{m}$ , 3  $\mu\text{m}$  e pasta de alumina de 0,3  $\mu\text{m}$  (SECOR; DEAN; LABAN, 1992). Ambas as faces foram polidas até se obter visualização dos anéis diários (microestrutura) claras e legíveis. Posteriormente, as mesmas foram fixadas em lâminas e analisadas sobre microscópio óptico (MORALES-NIN; PANFILI, 2002) no aumento de 40x. Foram obtidas várias imagens de regiões diferente do mesmo otólito, já que não foi possível visualizar os anéis em um aumento que pudesse analisar o otólito inteiro. As fotos foram montadas utilizando o programa Adobe Photoshop CS6 Extended.

Com base no padrão geral de deposição (morfologia do anel), os incrementos (microestruturas) visualizadas foram assumidos como anéis diários, baseando-se na validação realizada por Santana *et al.* (2009) para *M. curema*. As leituras foram realizadas do primórdio até uma contagem de aproximadamente 370 anéis diários; em alguns otólitos, foi possível contar mais anéis diários, entretanto, devido ao preparo e desbaste da borda pelo polimento, não foi possível estender as contagens. Devido à alteração no ângulo de crescimento do otólito, foram estabelecidos dois eixos de leituras: (1) do primórdio à aproximadamente 0,600 mm no eixo ventral-dorsal; e (2) do final do eixo 1 até a contagem de aproximadamente 370 anéis em direção à margem do otólito no eixo oblíquo interno-externo (Figura 3). Os incrementos foram contados e medidos do primórdio até o início de cada zona translúcida ( $R_{nd}$ , mm), e o raio do otólito ( $R_{od}$ , mm) foi obtido somando-se os raios dos dois eixos ( $R_{od}=R_{nE1}+R_{nE2}$ ). A comparação entre as leituras, quanto ao número de anéis foi verificada pelos cálculos de erro percentual médio (EPM) (BEAMISH; FOURNIER, 1981) e pelo valor do coeficiente de variação (CV) (CHANG, 1972).



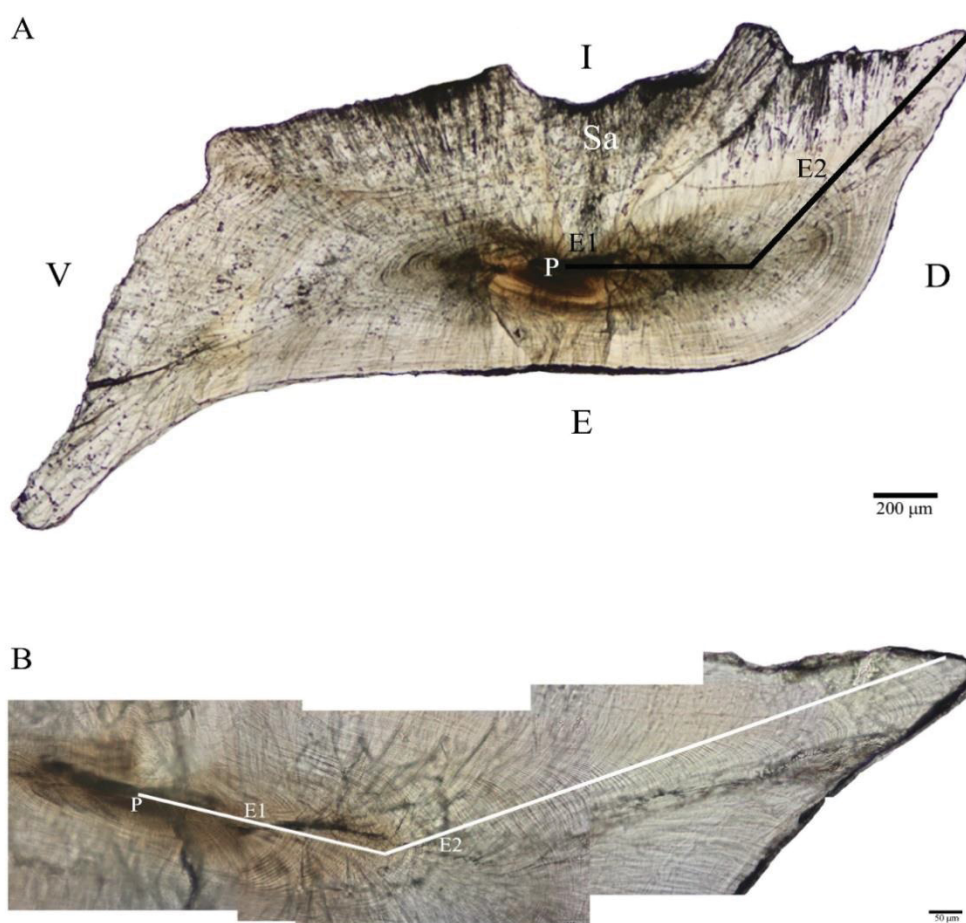


Figura 3 – *Mugil liza*. A) Secção do otólito polido. B) Anéis diários. P) Primórdio; E1) Eixo 1 de leitura; E2) Eixo 2 de leitura; Sa) Região do Sulco acústico; D) Região dorsal; V) Região ventral; I) Região interna. E) Região externa. Fonte: O autor (2018).

Para efeitos de comparação, a análise macroestrutural foi realizada no mesmo eixo da análise microestrutural, tomaram-se as medidas dos raios dos anéis ( $Rn_m$ , mm) nos eixos E1 e E2 (Figura 3A). Um cálculo de variação de 0,05 (5%) foi aplicado sobre as medidas de cada raio de anel ( $Rn_{m1}$ ,  $Rn_{m2}$ , ...,  $Rn_{mn} \pm 2,5\%$ ), para definição de um intervalo de variação. Posteriormente, verificou-se o número de microincrementos que constituíam esse intervalo de variação, sendo calculada a média individual, considerada o número de anéis diários correspondentes aos anéis “anuais” da análise macroestrutural, correspondentes a uma contagem de cerca de 370 anéis diários.

Uma outra subamostragem das secções dos otólitos foi realizada para análise ultraestrutural. As secções foram submetidas ao polimento com lixas metalográficas a base d'água com granulometrias de 30  $\mu\text{m}$ , 9  $\mu\text{m}$ , 3  $\mu\text{m}$  e pasta de alumina de 0,3  $\mu\text{m}$ , apenas para desgaste das secções. Posteriormente as mesmas foram imersas em ácido etilenodiamino tetraacético (EDTA) à 5% para descalcificação do otólito (McCURDY *et al.*, 2002), por 6 minutos. As amostras foram metalizadas em ouro, fixadas em pin-stubs e analisadas em Microscópio

Eletrônico de Varredura (MEV), onde foram obtidas micrografias (MORALES-NIN; PANFILI, 2002) no aumento de 450x para análise da ultraestrutura.

A leitura a ultraestrutura foi realizada no mesmo eixo da leitura da análise diária. O padrão do crescimento do otólito foi estabelecido a partir da verificação da forma e orientação da deposição dos cristais de carbonato de cálcio (GAULDIE; NELSON, 1990). O padrão de crescimento do otólito encontrado ao longo do eixo de leitura, foram categorizados e medidos por meio do programa ImageJ. As medidas iniciaram-se do núcleo até o limite de cada característica descrita, sendo classificadas em zonas de *A* a *E*.

#### 3.4.1.2 Incremento marginal e a análise de bordas

A estrutura de anéis do primeiro ano de vida, na perspectiva da análise macroestrutural, foi definida no item 3.4.1.1. A periodicidade e época de formação dos anéis macroestruturais subsequentes ao primeiro ano de vida (BEAMISH; McFARLANE, 1983) foi verificada por meio da análise percentual de bordas translúcidas e opacas e do cálculo do incremento marginal relativo (IMR) (MIO, 1961) por bimestre. A faixa etária foi restringida aos indivíduos na aplicação dos métodos, uma vez que a definição precisa das bordas se torna mais difícil de acordo com o desenvolvimento ontogenético dos animais (CAMPANA, 2001). Uma ANOVA um fator seguida pelo teste à posteriori de Tukey (ZAR, 2010) foi aplicada para verificar diferenças significativas entre os valores médios de IMR entre os bimestres.

#### 3.4.2. Atribuição da Idade

A atribuição da idade foi realizada baseando-se nas informações da validação do primeiro ano de vida e nos dados de porcentagem de borda e incremento marginal. Para aqueles indivíduos que não apresentaram um ano de vida completo, a idade foi estabelecida a partir de uma proporção, no qual dividiu-se o mês da idade do anel por 12 (quantidade de meses em um ano). Posteriormente, os dados das idades e os comprimentos totais observados foram inseridos em uma tabela de chave idade-comprimento (RICKER, 1975).

### 3.5 MODELAGEM DO CRESCIMENTO

#### 3.5.1 Crescimento durante o primeiro ano de vida

O crescimento do primeiro ano de vida foi modelado com base nas informações obtidas na leitura de anéis diários (raios dos anéis e raios dos otólitos). Para tal, foi necessário obter os comprimentos totais que representassem cada medida dos anéis diários, uma vez que o comprimento total observado foi obtido de peixes adultos, não se conhecendo o comprimento total dos indivíduos no primeiro ano. O comprimento total à época de formação de cada anel diário foi retrocalculado, sendo as regressões (linear e potencial) entre o comprimento total dos peixes e o raio dos otólitos no eixo diário ( $Ro_d$ ) ajustadas por meio do método iterativo dos mínimos quadrados (SPARRE; VENEMA, 1998). Posteriormente foram testados os seguintes modelos de retrocálculo: Linear, Dahl-Lea (DALE), Fraser-Lee, *Linear Biological Intercept* (LBI), *Linear Body Proportional Hypothesis* (LBPS), *Linear Scale Proportional Hypothesis* (LSPH), Potencial, Monastyrsky (MONA) e *Monastyrsky Body Proportional Hypothesis* (MONA – BPH). Suas premissas e aplicações se basearam em Vigliola e Meekan (2009).

A estimativa dos parâmetros do crescimento do primeiro ano de vida foi realizada utilizando os dados de idade (em dias) e comprimentos totais retrocalculados, os quais foram ajustados ao modelo de Gompertz (Equação 01) (RICKER, 1979) e de von Bertalanffy (Equação 02) (VON BERTALANFFY, 1938). Os parâmetros dos modelos foram estimados através do método iterativo de mínimos quadrados (SPARRE; VENEMA, 1998). A escolha dos melhores modelos de crescimento e modelos de retrocálculo englobou as análises de inspeção visual da curva de crescimento, do valor do critério de informação de Akaike (AIC) (QUINN II; DERISO, 1999) e do erro padrão da regressão (EP) (ZAR, 2010).

$$C_i = C_{\infty} e[-e(-G\{t-X_0\})] \quad \text{Equação 01}$$

$$C_i = C_{\infty} [1 - e^{-K(t-t_0)}] \quad \text{Equação 02}$$

onde  $C_i$  é o comprimento do peixe na idade  $i$ ;  $C_{\infty}$  é o comprimento máximo teórico;  $K$  é a taxa do crescimento;  $t$  é o momento na idade  $i$  com comprimento  $C_i$ ;  $t_0$  é a idade teórica no comprimento zero;  $G$  é a taxa de crescimento na idade  $X_0$ ;  $X_0$  é o ponto de inflexão da curva e a idade na qual a taxa de crescimento absoluta começa a declinar.

A chave de idade-comprimento do primeiro ano de vida foi construída utilizando-se os dados de comprimento total retrocalculados e do modelo de crescimento ajustado, considerando o “melhor” modelo (*best fit*).

### 3.5.2 Crescimento dos peixes adultos

Foram ajustadas regressões entre os dados de comprimento total e raio do otólito ( $R_{om}$ ) para retro-calcular os comprimentos totais de cada anel anual. Os modelos de retrocálculo utilizados foram os mesmos da seção anterior (ver item 3.5.1). O retrocálculo foi realizado para obter a representatividade de dados no início da curva de crescimento, uma vez que a amostra não apresentou peixes pequenos.

A modelagem do crescimento foi realizada por meio do modelo de von Bertalanffy (Equação 02). Os parâmetros do crescimento do modelo foram estimados para dados de comprimento total retrocalculado e sua respectiva idade.

Para realizar a modelagem do crescimento para os dados de idade e comprimento total observados aplicaram-se dois modelos de crescimento com reparametrização. Esses modelos são derivados do modelo de von Bertalanffy (Equações 03 e 04) e são aplicados quando visualmente a curva se aproxima a um modelo linear (RATKOWSKY, 1986).

$$C_i = C_{\infty} - (C_{\infty} - INT) e^{-KX} \quad \text{Equação 03}$$

$$C_i = C_{\infty} + (INT - C_{\infty}) e^{-KX} \quad \text{Equação 04}$$

onde INT é o comprimento do peixe quando  $X = 0$ , em que, para o ajuste do modelo o valor de INT foi fixado em 3 mm, comprimento do peixe aproximado quando a idade é igual a zero (GONZALEZ-CASTRO; MINOS, 2015).

O método de escolha do melhor ajuste, tanto para a modelagem dos dados retrocalculados, quando para a modelagem dos dados observados (reparametrização), foi o mesmo do item 3.5.1. Para a construção da chave idade-comprimento assumiu-se o mesmo critério do item anterior (ver item 3.5.1).

#### 4. RESULTADOS

Foram capturados na baía de Guanabara 807 exemplares de *Mugil liza*, os quais apresentam variação de comprimento total entre 285 e 815 mm (média e desvio padrão =  $533,36 \pm 69,71$  mm) (Figura 4). Os machos (N=416) foram menores, variando entre 285 e 650 mm, com pico modal entre as classes 475 e 525 mm (50%), quando comparados com as fêmeas (N=391), que atingiram tamanhos entre 350 e 815 mm com pico modal entre as classes 525 e 600 mm (52%).

O primeiro semestre (janeiro/fevereiro, março/abril, maio/junho) dos anos 2012 e 2013 apresentaram diferenças no tamanho corporal de um ano para o outro, sendo que os indivíduos capturados em 2012 apresentaram frequências de comprimentos maiores do que os capturados em 2013, onde predominaram exemplares menores. Os bimestres que compreenderam os meses de julho e agosto dos anos 2011, 2012 e 2013 também apresentaram uma leve variação na estrutura em tamanho, no qual em 2011 a estrutura em tamanho apresentou 4 modas de comprimento. O bimestre setembro/outubro dos anos 2011 e 2012 apresentaram pico modal nas mesmas classes de comprimento (550 e 575 mm) porém, em 2012 a frequência de indivíduos na classe de comprimento 450 mm aumentou consideravelmente. De maneira inversa, os bimestres de novembro/dezembro de 2011 e 2012 apresentaram três picos modais e foram os únicos períodos em que a estrutura em tamanho aumentou de um ano para o outro, sendo mais frequente indivíduos com 400 mm no ano de 2011 e em 2012 indivíduos com 475 mm. Os menores indivíduos foram capturados neste bimestre no ano de 2011. Os maiores indivíduos, tanto machos quanto fêmeas, foram capturados no bimestre maio/junho dos anos de 2012 e 2013, com exceção do maior macho (657 mm) e da maior fêmea (815 mm) que ocorreram em julho/agosto de 2013 e de 2011, respectivamente.

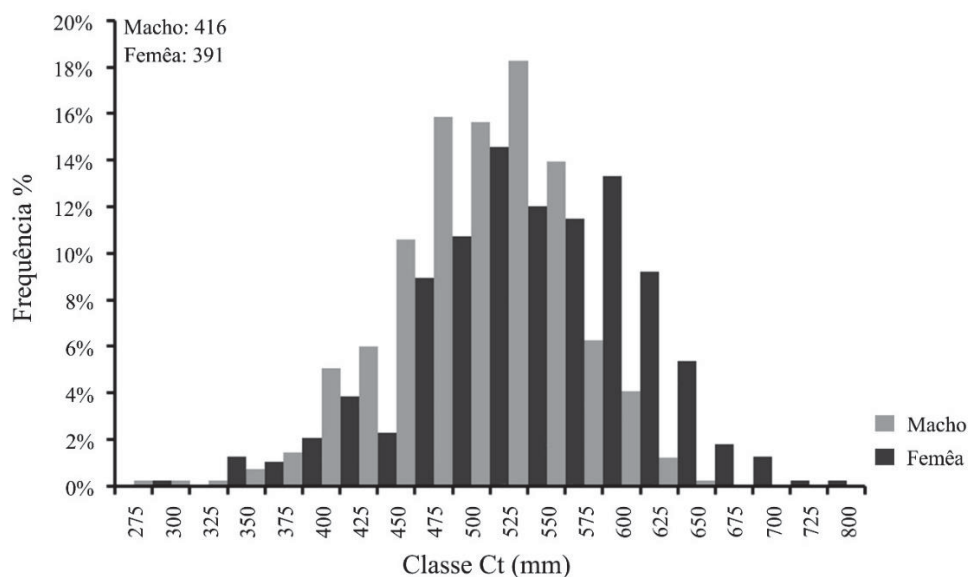


Figura 4 – *Mugil liza*. Distribuição de frequência de indivíduos machos e fêmeas capturados na baía de Guanabara, RJ. Fonte: O autor (2018).

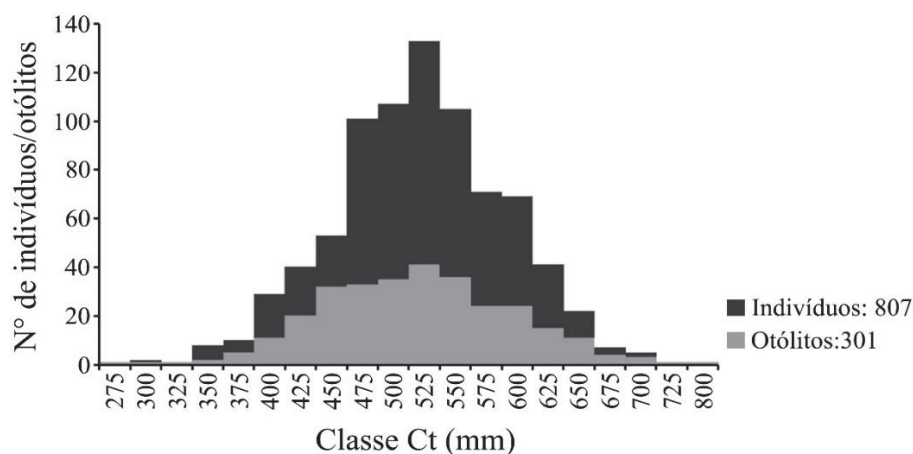


Figura 5 – *Mugil liza*. Distribuição de frequência dos indivíduos capturados na baía de Guanabara – RJ e a amostragem dos otólitos analisados para o estudo do crescimento. Fonte: O autor (2018).

Os parâmetros da relação comprimento-peso de todos os indivíduos foram  $a=8,93 \cdot 10^{-9}$  e  $b=2,99198$ . Não houve diferenças significativas entre os sexos (ANCOVA,  $p=0,7474$ ), sendo obtidos para os machos  $a=2,899 \cdot 10^{-08}$ ,  $b=2,80369$  e para as fêmeas  $a=9,234 \cdot 10^{-9}$ ,  $b=2,9904$  (Figura 6), e por isso as análises de retrocálculo foram desenvolvidas aplicando os parâmetros  $a$  e  $b$  populacionais.

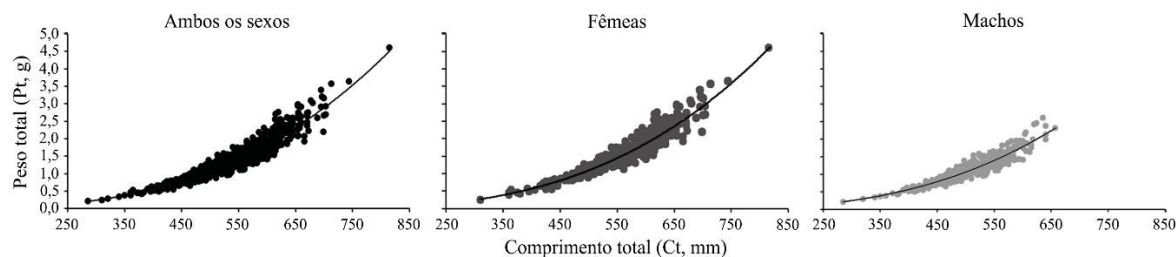


Figura 6 – *Mugil liza*. Relações de comprimento-peso dos indivíduos capturados na baía de Guanabara, RJ. Fonte: O autor (2018).

## 4.1 ANÁLISE DE OTÓLITOS

### 4.1.1 Análise macroestrutural

Foram realizadas três leituras em 301 otólitos de *Mugil liza* (Figura 5), no qual dois otólitos não apresentaram coerência e foram excluídos das análises. As leituras dos demais otólitos ( $n=299$ ) foram precisas, com  $EPM=9\%$  e  $CV=12\%$ , sendo a terceira leitura assumida como a definitiva. Os otólitos observados apresentaram entre 3 e 9 anéis macroestruturais completos formados (zona translúcida + zona opaca), no qual os raios dos otólitos apresentaram média e desvio padrão de  $0,74 \pm 0,141$  mm. O gráfico de constância e o boxplot (Figura 7) demonstraram consistência das medidas dos raios dos anéis, os quais expressam o crescimento.

### 4.1.2 Validação

#### 4.1.2.1 Análise da estrutura dos otólitos

Um total de 80 otólitos foram amostrados para análise microestrutural e, após as perdas durante o processamento, sobraram 42 otólitos para a análise de microincrementos (anéis diários na análise microestrutural). As leituras realizadas foram coerentes, com  $EPM=6,6\%$  e  $CV=8,8\%$ , no qual a terceira leitura foi estabelecida como a definitiva. Os otólitos de peixes adultos de *M. liza*, (429 e 623 mm de Ct) se mostraram adequados para análise microestrutural, uma vez que a região do núcleo e seus anéis subsequentes foram bem discerníveis.

Dos 42 otólitos analisados 22 apresentaram formações de uma estrutura semelhante a um segundo primórdio (núcleo) e de primórdios acessórios. Dos 22 otólitos dez apresentaram a formação de um segundo núcleo e 12 otólitos apresentaram a formação de primórdios



acessórios. Registrou-se ainda otólitos que apresentaram esses dois tipos de formação (n=5): dois núcleos e primórdio acessório (Figura 8).

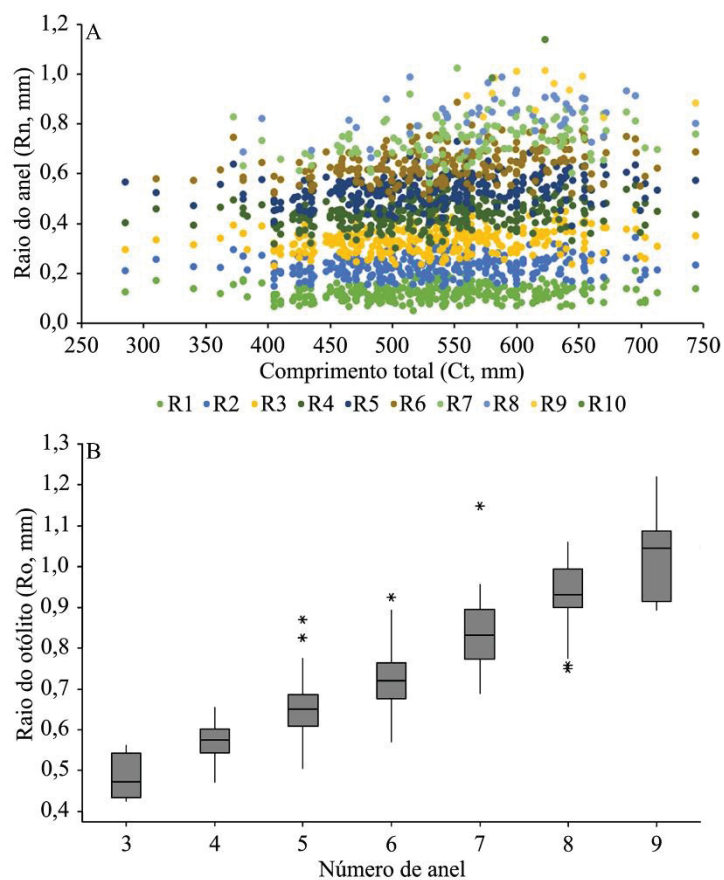


Figura 7 – *Mugil liza*: A) Gráfico de constância mostrando a variabilidade do raio do anel em relação ao comprimento total do peixe. B) Gráfico boxplot mostrando o aumento do raio do otólito em relação ao número de anéis. Fonte: O autor (2018).

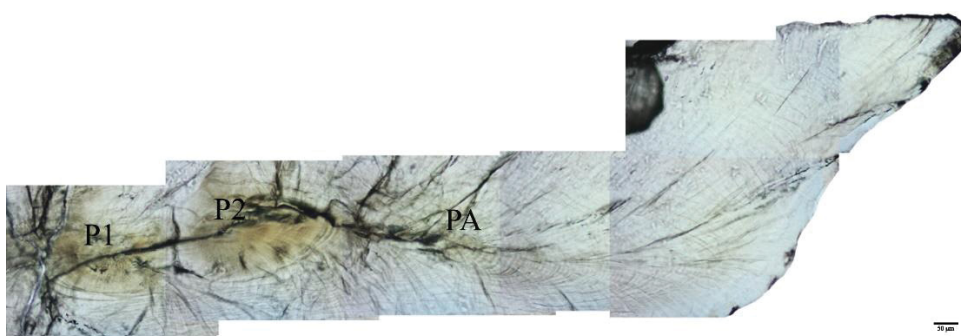


Figura 8 – *Mugil liza*. Microestrutura do otólito apresentando a formação de dois primórdios (núcleos) e primórdio acessório. P1) Primeiro primórdio (núcleo); P2) Segundo primórdio (núcleo); PA) Primórdio acessório. Fonte: O autor (2018).

A relação das medidas obtidas nas análises micro e macroestrutural evidenciou que a formação do primeiro anel (macroestrutura) se inicia em torno de 70 dias de vida; o segundo

em 140 dias; o terceiro em 220 dias; o quarto em torno de 280 dias e; o quinto em 320 dias, sendo este considerado o anel do primeiro aniversário, o primeiro anel anual.

A determinação da deposição dos cristais de carbonato de cálcio (ultraestrutura) foi realizada com base na análise de 21 otólitos, no qual seis variações do formato dos cristais foram evidenciadas e caracterizadas (Tabela 1). Os primeiros cristais de formação do otólito estão dispostos verticalmente sendo que a partir da segunda característica descrita (Zona B), os cristais começam a ser dispostos obliquamente e horizontalmente, respectivamente (Figura 9). Os cristais são depositados a partir do núcleo formando-se continuamente até os pontos de cessação, caracterizados por fissuras que representam os anéis diários. As características são mais visíveis no eixo ventral-dorsal, sendo o maior eixo; já no eixo interno-externo os cristais não são discerníveis, impossibilitando a caracterização dos mesmos.

Tabela 1 – *Mugil liza*. Descrição das características dos cristais de carbonato de cálcio presentes na ultraestrutura dos otólitos e a média  $\pm$  desvio padrão em milímetros das medidas do comprimento de cada zona.

Característica	Descrição	Média $\pm$ D.P
Zona A	Cristais uniformes de forma pontiaguda, bem próximos uns dos outros, depositados verticalmente.	0,1789 $\pm$ 0,0615
Zona B	Cristais uniformes de forma pontiaguda, depositados obliquamente.	0,6492 $\pm$ 0,1015
Zona C	Cristais irregulares, de forma quadrática depositados horizontalmente.	0,7397 $\pm$ 0,1561
Zona D	Cristais de aparência lisa de forma quadrática e uniforme. Aparência de placas.	1,0795 $\pm$ 0,1912
Zona E	Cristais uniformes bem discerníveis, apresentando várias cessações do crescimento, depositados horizontalmente.	1,2675 $\pm$ 0,2967
Zona F	Cristais disformes sem padrão de formação.	1,6760 $\pm$ 0,2209

Fonte: O autor (2018).

Com base nas medidas das características, a mudança na disposição do cristal de carbonato de cálcio acompanhou o crescimento do otólito. Quando comparadas as medidas das características das zonas com as medidas das análises micro e macroestruturais, realizadas no mesmo eixo de leitura, ficou evidente a correspondência entre as análises (Tabela 2).

Tabela 2 – *Mugil liza*. Relação entre as três análises de otólitos (macro, micro e ultraestrutura).

Macroestrutura	Microestrutura (Dias)	Ultraestrutura
Primeiro anel macro	70 dias	Zona A
Segundo anel macro	140 dias	Zona B
Terceiro anel macro	220 dias	Zona C
Quarto anel macro	280 dias	Zona D
Quinto anel macro	320 dias	Zona E

Fonte: O autor (2018).

As características são geralmente encontradas em sequência, zona *A* a *F*, porém nem todos os otólitos apresentam algumas características bem evidenciadas, como é o caso das características das zonas *C* e *D*. A característica da zona *F* está disposta na região da borda, não apresenta um padrão de formação distinto dos cristais e não faz parte da constituição do primeiro ano.

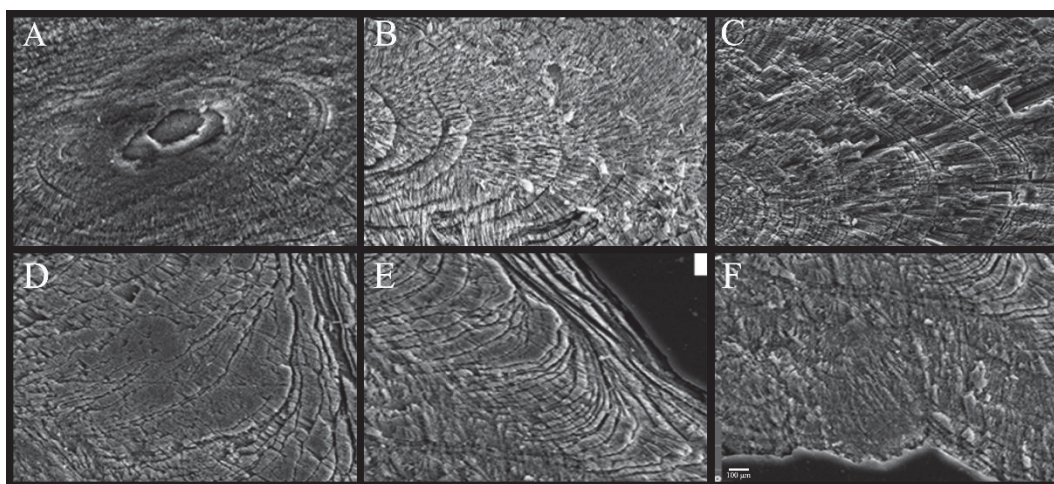


Figura 9 – *Mugil liza*. Quadrantes da ultraestrutura dos otólitos e as seis zonas dos padrões de deposição de carbonato de cálcio observados. Fonte: O autor (2018).

#### 4.1.2.2 Incremento Marginal e análise de bordas

As análises de borda e de incremento marginal foram restritas aos grupos de anel 5 e 6. A análise da porcentagem de borda aponta que o anel de crescimento se forma anualmente, no bimestre Março-Abril – 2012 – período em que a porcentagem da borda translúcida foi maior em relação a opaca, quando comparada entre os bimestres (Figura 9). A média do incremento marginal foi menor no bimestre Março-Abril – 2012 – também indicando uma formação anual e condizendo com a análise de borda (Figura 10). No ano seguinte – 2013 – o período de formação do anel não coincidiu exatamente com o mesmo bimestre de 2012, porém é evidente que ocorre uma formação de anel nos meses de estação quente. A análise das variâncias ANOVA não revelou diferenças significativas nos valores de incremento marginal entre os bimestres ( $p=0,369$ ).

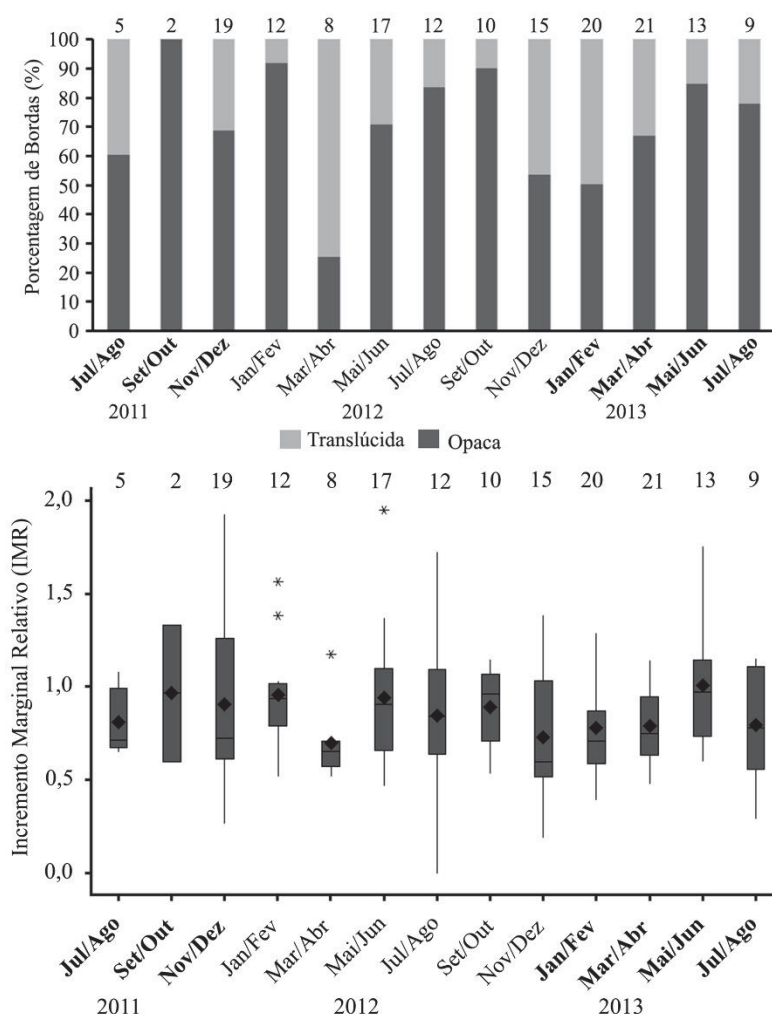


Figura 10 – *Mugil liza*. Análise de porcentagem de borda e incremento marginal relativo (em milímetros) dos indivíduos com cinco e seis anéis de crescimento macroestruturais. Fonte: O autor (2018).

#### 4.1.2.3 Atribuição da idade

A validação revelou que ao longo do primeiro ano de vida de *M. liza* formam-se cinco anéis macroestruturais, sendo o quinto anel considerado o anel de aniversário, ou seja, de um ano e para atribuição da idade de *M. liza* deve-se levar em conta tal informação. A atribuição da idade anual iniciou-se a partir do quinto anel de crescimento macroestrutural (Figura 11), ou seja, um indivíduo que apresenta em seu otólito cinco anéis completos tem um ano de vida. Os anéis subsequentes se formam anualmente, e a partir do sexto anel a atribuição da idade passa a ser de 1:1 – 1 anel igual a 1 ano.

Foram encontrados peixes com até cinco anos e os otólitos que apresentam três e quatro anéis macroestruturais têm idades proporcionais de 0,67 e 0,83 anos respectivamente. Portanto, um indivíduo que tem um ano de idade, apresenta cinco anéis completos com borda

opaca; dois anos, seis anéis com borda opaca; três anos, sete anéis com borda opaca; e assim sucessivamente.

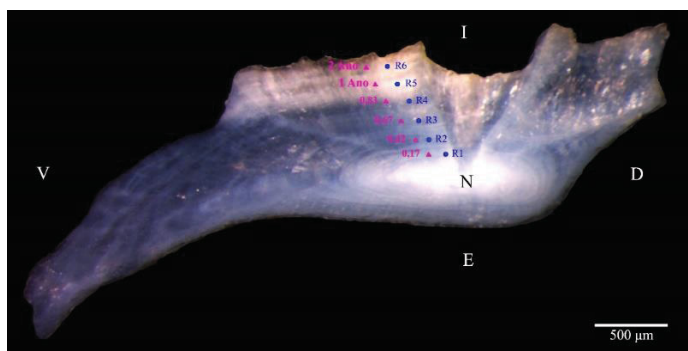


Figura 11 – *Mugil liza*. Corte transversal do otólito sagitta. ▲) Idade em anos. ● R) Anel macroestrutural. Fonte: O autor (2018).

Os comprimentos nas idades estão apresentados na chave de idade-comprimento (Tabela 3). Dos exemplares amostrados na baía de Guanabara predominaram indivíduos com 2 anos, seguidos por indivíduos com 1 e 3 anos, respectivamente.

Tabela 3 – *Mugil liza*. Chave de idade-comprimento. Dados de idade obtidos por meio da análise macroestrutural de otólitos e do comprimento total observado dos peixes capturados na baía de Guanabara, RJ. N=299.

Classe Ct (mm)	Idade (anos) / Macroestruturas							Total
	0,63	0,83	1	2	3	4	5	
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
275		100%						1
300			100%					1
325			100%					1
350				50%	50%			2
375		25%	25%		25%	25%		4
400		36%	36%	27%				11
425	10%	15%	30%	35%	5%	5%		20
450	3%	19%	31%	25%	22%			32
475		12%	36%	36%	9%	6%		33
500	3%	11%	23%	43%	11%	9%		35
525		10%	24%	32%	27%	7%		41
550		8%	28%	25%	33%		6%	36
575			21%	38%	17%	21%	4%	24
600			8%	38%	29%	13%	13%	24
625		7%	7%	13%	20%	47%	7%	15
650				18%	36%	27%	18%	11
675				50%		50%		4
700			33%		67%			3
725							100%	1
Total	4	31	72	92	60	30	10	299

Fonte: O autor (2018).



## 4.2 MODELAGEM DO CRESCIMENTO

### 4.2.1 Crescimento durante o primeiro ano de vida

As regressões ajustadas entre os dados de raios dos otólitos no eixo de leitura diário e o comprimento total foram  $Ct=171,4+221,8Ro_d$  e  $Ct=381,92Ro_d^{0,564105}$ , respectivamente, sendo os coeficientes  $a$  e  $b$  das regressões utilizados para a realização dos retrocálculos. Baseando-se na análise de inspeção visual da curva, os melhores modelos do crescimento, tanto de von Bertalanffy quanto de Gompertz, estão apresentados na figura 12.

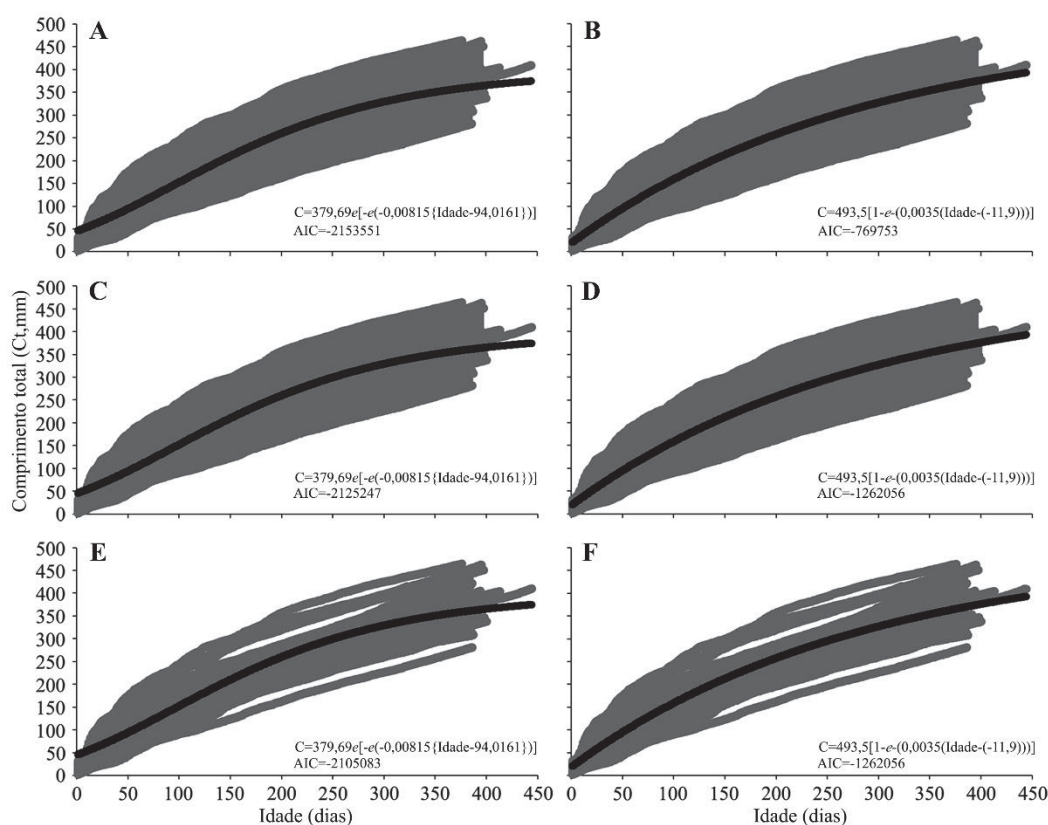


Figura 12 – *Mugil liza*. Curvas dos modelos de crescimento de Gompertz e von Bertalanffy com dados de idade em dias e comprimento total do peixe retrocalculado. Modelos de crescimento/modelo do retrocálculo: A) Gompertz e DALE; B) von Bertalanffy e DALE; C) Gompertz e LBI; D) von Bertalanffy e LBI; E) Gompertz e LSPH; e F) von Bertalanffy e LSPH. Fonte: O autor (2018).

O melhor modelo de retrocálculo e curva de crescimento foi escolhido com base valor do AIC, pois os valores de EP foram semelhantes. O melhor modelo de retrocalculado foi o Dahl-Lea (DALE) (AIC=-2153551) para o modelo de crescimento de Gompertz (Figura 12A), no qual  $C_{\infty}=397,689$  mm,  $G=0,00815$  ano<sup>-1</sup> e  $X_0=94,0161$ . O ajuste dos parâmetros de crescimento de von Bertalanffy se adequaram a dois modelos de retrocálculo, LBI e LSPH,

( $C_{\infty}=497,5$  mm,  $k=0,0035$  ano<sup>-1</sup> e  $t_0=-11,9$ ) (AIC=-1262056) (Figura 12 D e F) os quais apresentaram os mesmos valores de EP para todos os parâmetros estimados.

Na chave idade-comprimento (Tabela 4) é possível analisar a variabilidade do comprimento total entre os dias, sendo estes dispostos conforme a idade diária do anel macroestrutural.

Tabela 4 – *Mugil liza*. Chave de idade-comprimento. Idade em dias e referencial anual para os indivíduos com comprimento total retrocalculado pelo modelo de Dahl-Lea. N=42.

Classe Ct (mm)	Idade (dias) / Anos						Total
	70	140	220	280	320	365	
	0,17	0,42	0,63	0,83	0,95/1	1	
60	100%						5
80	100%						3
100	93%	7%					14
120	100%						5
140	82%	18%					11
160	14%	79%	7%				14
180	33%	67%					9
200	14%	57%	21%	7%			14
220		54%	38%		8%		13
240		7%	67%	27%			15
260		26%	37%	21%	11%	5%	19
280		4%	35%	39%	17%	4%	23
300			9%	30%	43%	17%	23
320			16%	37%	32%	16%	19
340			11%	21%	26%	42%	19
360			6%	18%	35%	41%	17
380				33%	17%	50%	6
400				9%	45%	45%	11
420					25%	75%	4
440						100%	2
Total	42	42	42	42	41	37	246

Fonte: O autor (2018).

#### 4.2.2 Crescimento de peixes adultos

As regressões ajustadas entre os dados de comprimento total e  $Ro_m$ , nos modelos, linear e potencial apresentaram os seguintes coeficientes:  $Ct=271,5+329,7Ro_m$  e  $Ct=592,75Ro_m^{0,381936}$ . As curvas de crescimento de von Bertalanffy foram ajustadas para todos os comprimentos totais retrocalculados, garantindo assim a representação do início da curva. Os modelos que melhor descreveram o crescimento da espécie baseando-se na inspeção visual



da curva, estão apresentados na figura 13. Dentre eles, o melhor conjunto, quando analisado os valores de AIC e erro padrão, foi aquele em que o comprimento total foi retrocalculado com o modelo LBI (Figura 13 B), sendo  $AIC=-143243,20$  e  $EP= 56,31$  e os parâmetros do crescimento:  $C_{\infty}=507,979$  mm,  $k=1,215$  ano<sup>-1</sup> e  $t_0=0,04$ .

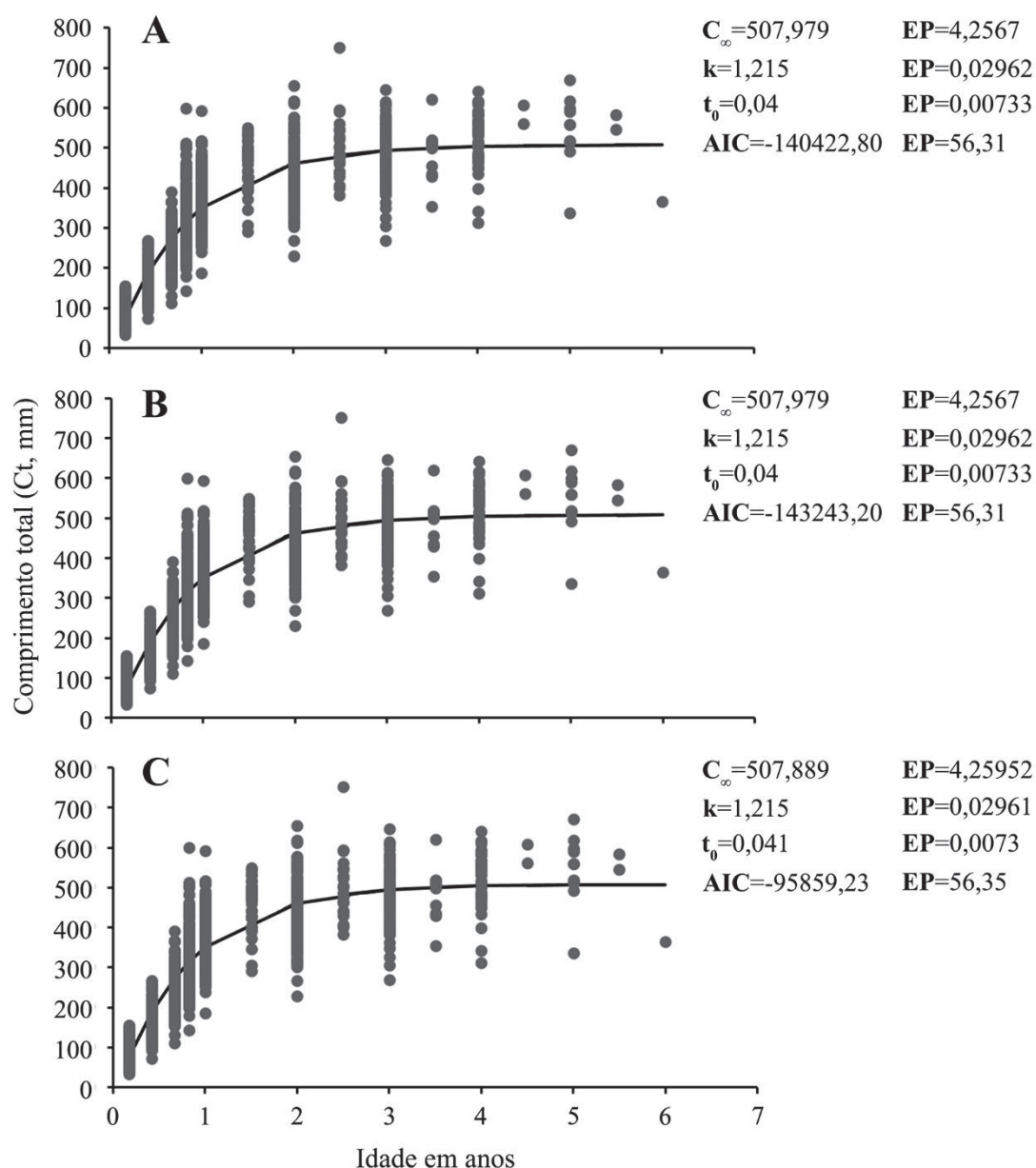


Figura 13 – *Mugil liza*. Curvas de crescimento de von Bertalanffy aplicado aos dados de comprimento total retrocalculado: A) Dahl-Lea; B) LBI; C) LSPH. Fonte: O autor (2018).

A variabilidade da idade em relação ao comprimento retrocalculado está apresentada na tabela 5. A sobreposição de classes de crescimento nas idades entre 0,83 e 3 anos é maior para os dados retrocalculados do que para os dados observados.

Tabela 5 – *Mugil liza*. Chave idade-comprimento para os dados de comprimento total retrocalculados dos indivíduos com otólitos observados. N=807.

Classe Ct (mm)	Idade (anos) / Macroestrutura									Total
	0,17	0,42	0,67	0,83	1	2	3	4	5	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
25	100%									7
50	100%									91
75	98%	2%								113
100	74%	26%								97
125	18%	80%	1%							87
150	2%	82%	16%							96
175		68%	30%	2%						109
200		34%	56%	10%						99
225		11%	72%	16%	1%					92
250		5%	60%	26%	8%	1%				101
275			41%	49%	10%					94
300			16%	60%	18%	5%	1%			112
325			6%	49%	35%	7%	2%	1%		108
350			4%	42%	40%	13%	2%			108
375			1%	22%	46%	22%	7%	1%		99
400				14%	44%	32%	10%			88
425				8%	40%	37%	14%	2%		103
450				6%	34%	41%	15%	4%		71
475				5%	21%	35%	27%	10%	2%	62
500				4%	12%	35%	40%	4%	4%	68
525					14%	28%	28%	28%	3%	29
550						29%	24%	38%	10%	21
575				6%	6%	18%	24%	29%	18%	17
600						18%	36%	36%	9%	11
625							50%	50%		2
650									100%	1
Total	299	299	299	317	295	211	112	42	12	1886

Fonte: O autor (2018).

Os dois modelos de reparametrização de von Bertalanffy ajustados para os dados de comprimento total observados foram adequados para a representação do crescimento de *M. liza*, uma vez que os valores de AIC e EP foram iguais para os dois modelos (Figura 14). Os parâmetros estimados foram:  $C_{\infty}=594,473$ ,  $INT=3$  e  $K=2,36$ .

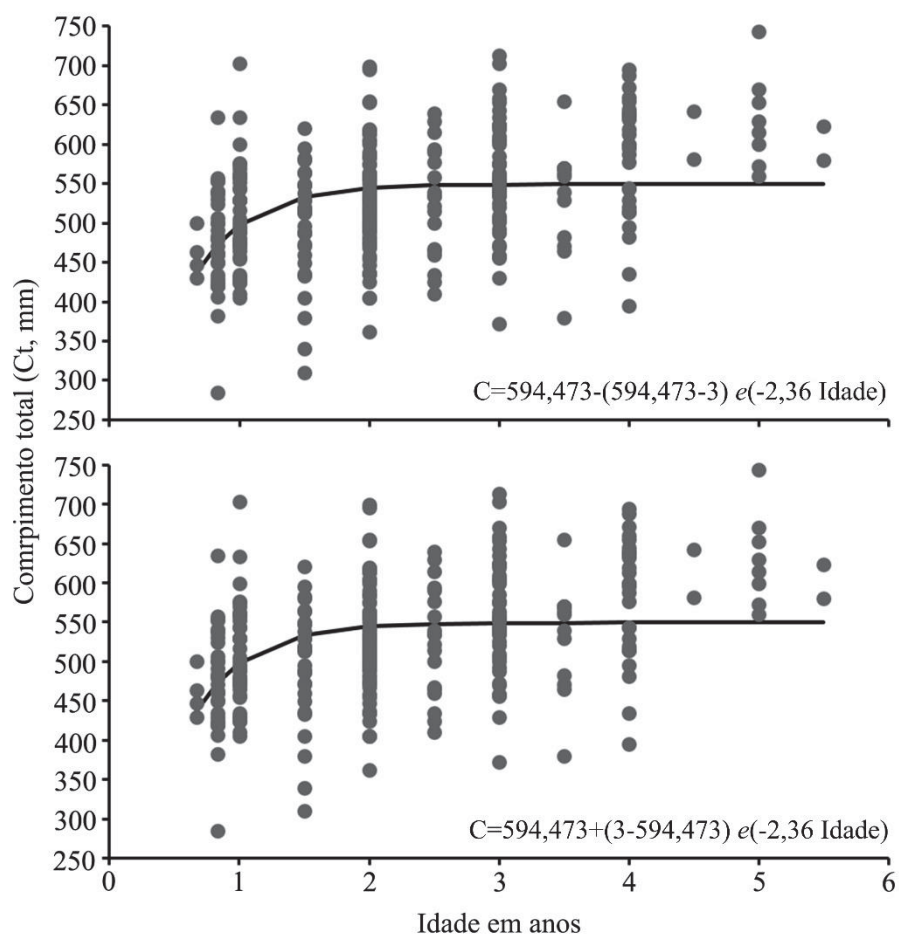


Figura 14 – *Mugil liza*. Curvas de crescimento do modelo reparametrizado de von Bertalanffy para os dados de idade (análise de otólitos macroestrutural) e comprimento total. Fonte: O autor (2018).

## 5. DISCUSSÃO

Os exemplares de *Mugil liza* amostrados na baía de Guanabara – RJ são considerados indivíduos adultos, pois a espécie apresenta o comprimento da primeira maturação ( $L_{50}$ ) em 350 mm (ALBIERI; ARAUJO, 2010). Esse tamanho (ou menores) não foram muito representativos na amostra ( $n=13$ ). Registrou-se ainda o maior indivíduo de tainha já capturado no Brasil, uma fêmea com 815 mm de comprimento total.

Os otólitos *sagitta* de *M. liza* demonstraram ser eficientes para avaliação de anéis de crescimento, porém, por vezes, alguns anéis macroestruturais são fáceis de serem confundidos, principalmente o segundo e o terceiro anel. Isto pode ter contribuído para os valores relativamente altos do erro percentual médio e do coeficiente de variação encontrados. Pode-se considerar que não só o leitor interfere nos resultados dos mesmos, mas também a estrutura em si pode ter sua contribuição (CAMPANA, 2001). Por mais que não exista um valor ideal de referência para estes cálculos, o valor de CV principalmente, tende a estar próximo a 5% (CAMPANA, 2001), e quanto menor esse valor, maior é a precisão das leituras dos otólitos.

Estudos de validação realizados a partir da contagem de incrementos diários, têm objetivado em validar a formação da primeira macroestrutura (não a composição do primeiro ano de vida) sendo esta, avaliada a partir de otólitos de peixes juvenis (CERMEÑO *et al.*, 2006; FRANCIS; McKENZIE; MAOLAGÁIN, 2014; ALDANONDO *et al.*, 2016), incluindo peixes da família Mugilidae (HSU; TZENG, 2009; HSU *et al.*, 2009; SANTANA *et al.*, 2009; CASTELLINI *et al.*, 2017). Entretanto, neste estudo, os incrementos diários (microestrutura) foram analisados para validar a composição macroestrutural do primeiro ano de vida da tainha, informação que ainda é pouco clara para peixes pertencentes à família Mugilidae (IBÁÑEZ, 2016). Este é o primeiro estudo a validar macroestruturas a partir da análise de anéis diários de otólitos de peixes adultos. A verificação de anéis diários em otólitos de peixes adultos e de maior tamanho ( $429 < Ct < 623$  mm) foi crucial, já que a estrutura analisada precisava conter registros de idades iguais ou superiores a um ano.

Os anéis diários foram assumidos de acordo com a validação realizada por Santana *et al.* (2009) para a espécie *M. curema*. Esses autores utilizaram marcação no otólito por compostos fluorescentes, uma das metodologias mais acuradas em termos de validação de anéis diários (GEFFEN, 1992). Outra forma de analisar a formação de anéis diários é identificar as cessações na deposição dos cristais de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) na ultraestrutura do otólito (GAULDIE, 1993), porém apenas esta técnica não é suficiente para comprovar a periodicidade dessa formação.

A tainha *M. liza* forma em seu primeiro ano de vida 5 anéis macroestruturais completos. O primeiro anel macroestrutural formado no otólito logo após o núcleo está relacionado a migração de peixes juvenis do mar em direção ao estuário (SANTANA, 2009; HSU; TZENG, 2009; GARGIN *et al.*, 2014), que ocorre por volta de dois meses. Não foi possível relacionar a formação dos anéis dois e três a algum evento ambiental ou fisiológico específico. O quarto anel pôde ser relacionado a primeira maturação gonadal, pois a formação do quarto anel ocorre com indivíduos com comprimentos totais em torno do  $L_{50} = 350$  mm da espécie (ALBIERI; ARAUJO, 2010). O quinto anel correspondeu ao aniversário do primeiro ano, coincidindo com o período de reprodução da espécie.

Este estudo ainda revela o primeiro registro da formação de primórdios acessórios em *M. liza*. Em mugilídeos há apenas um relato de formação dessa estrutura nos juvenis de *Mugil cephalus* em Taiwan, relacionados a mudança de habitat, do mar para o estuário e à mudança do estágio larval para juvenil (HSU *et al.*, 2009). A formação do primórdio acessório pode estar relacionado a alterações no comportamento, alterações de habitat e metamorfose (WRIGHT *et al.*, 2002; SPOUNAGLE, 2009). Em *M. liza* acreditamos que a causa mais provável dessa formação seja a mudança de habitat (do mar para o estuário), principalmente por esses ambientes apresentarem variações de temperatura e salinidade (HSU *et al.*, 2009), refletindo assim na formação do otólito.

A formação dos anéis subsequentes ao primeiro anel anual (quinta macroestrutura) apresentou periodicidade anual. Isso já vem sendo reportado para mugilídeos em estudos do crescimento (ESPINO-BARR, *et al.*, 2015), mas essa anuidade era considerada da segunda macroestrutura em diante. As análises de porcentagem de borda e incremento marginal evidenciaram que as zonas translúcidas são formadas entre janeiro e abril, período também relatado por Santana *et al.*, (2009) para a espécie *M. curema*. Outros autores, relataram que a formação das zonas translúcidas para *M. liza* ocorrem entre os meses de junho e novembro (GONZALEZ-CASTRO; ABACHIAN; PERROTTA, 2009; GARBIN *et al.*, 2014; SOUSA; FABRÉ; BATISTA, 2015). Tal diferença pode ter relação com a restrição de classes etárias para as análises de borda e incremento marginal (CAMPANA, 2001), uma vez que a idade de *M. liza*, até o momento, foi erroneamente atribuída.

Anteriormente apenas o primeiro anel macroestrutural não era considerado um anel anual, mas sim relacionado ao primeiro ano de vida (GONZALEZ-CASTRO; ABACHIAN; PERROTTA, 2009; GARBIN *et al.*, 2014; SOUSA; FABRÉ; BATISTA, 2015). Com base nesses autores, a atribuição da idade era realizada considerando o segundo anel macroestrutural, ou seja, dois anéis macroestruturais com borda opaca representariam um ano de vida; três anéis

macroestruturais com borda opaca, dois anos e assim sucessivamente. Em nosso estudo constatamos que os quatro primeiros anéis macroestruturais não apresentam periodicidade anual. Essas macroestruturas não podem ser utilizadas em análises de periodicidade e época de formação de zonas translúcidas, pois todas são formadas dentro do primeiro ano de vida, em meses e condições ambientais e fisiológicas distintas. Para determinar a periodicidade e a época de formação dos anéis anuais utilizamos as classes de um e dois anos (correspondentes à cinco e seis anéis macroestruturais). Porém nos estudos acima citados, as mesmas classes etárias (um e dois anos) corresponderiam à grupos com dois e três anéis macroestruturais. Essas estruturas na verdade são formadas quando os indivíduos de *M. liza* tem entre 140 e 220 dias de vida (2,5 e 4 meses) respectivamente, não fornecendo assim, informações confiáveis sobre a periodicidade e época de formação dos anéis anuais verdadeiros.

Os otólitos analisados no presente estudo apresentaram até 9 anéis macroestruturais de crescimento, com idades de até 5 anos. Estudos do crescimento realizados para a espécie registraram até 11 anéis macroestruturais e idades de 10 anos (GONZALEZ-CASTRO; ABACHIAN; PERROTTA, 2009; GARBIN *et al.*, 2014). Se aplicarmos o método de atribuição da idade dos estudos anteriormente citados em nossos dados, considerariamos apenas a primeira macroestrutura como não anual e teríamos peixes com até 8 anos. No caso da tainha, a diferença na idade é expressiva, apresentando uma margem de erro de três anos. Como a informação da idade e do comprimento dos peixes são a base de dados para o estudo do crescimento (FONTELES-FILHO, 2011), é de suma importância que a idade estabelecida seja a mais acurada possível. Devida essa alteração na composição etária da tainha, encontramos parâmetros do crescimento que alteram completamente o entendimento do crescimento da espécie.

Poucos estudos de crescimento têm sido realizados para a espécie na região costeira do oceano Atlântico. A idade e os parâmetros do crescimento estimados até o momento para a espécie (Tabela 6), sustentavam a teoria que os indivíduos apresentavam uma longevidade razoavelmente alta, e uma taxa de crescimento baixa, já que ambos estão inversamente relacionados (FONTELES-FILHO, 2011). No entanto, essa compreensão do crescimento da tainha aceita como verdade até o momento, foi refutada em nosso estudo.

Tabela 6 – *Mugil liza*. Parâmetros do crescimento estimados por meio de leitura de anéis macroestruturais em otólitos.

Parâmetros	Modelo do Crescimento	Comprimento	Idade	Autores/Local
$C_{\infty} = 563,82$	von Bertalanffy	$136 < Ct < 547 \text{mm}$	1 a 10 anos	Gonzalez-Castro, 2009

$k = 0,30$ $t_0 = -0,057$		Média $C_t=418,5$		Argentina, Mar Chiquita
$C_\infty = 662,00$ $k = 0,168$ $t_0 = -1,7$	von Bertalanffy	240< $C_t$ <650mm Média $C_t=440$	1,5 a 10,5 anos	Garbin et al, 2014 Brasil, Sudeste-Sul

Fonte: O autor (2018)

É notório que esses estudos realizados, por mais que contenham uma idade equívoca, expressam um parâmetro condizente com o estimado no presente estudo. O comprimento máximo teórico estimado com a reparametrização de von Bertalanffy ( $C_\infty=594,47$ ) está entre os valores estimados nos dois outros estudos (Tabela 6). A atribuição correta da idade nos dados dos estudos realizados por Gonzalez-Castro, Abachian e Perrotta (2009) e por Garbin *et al.* (2014), já seria o suficiente para estimar novas taxas de crescimento para a espécie.

A curva de crescimento ajustada para os dados de comprimento total retrocalculados (representação do início da curva) dos indivíduos que tiveram seus otólitos analisados, evidenciou um crescimento rápido nos primeiros anos de vida, podendo atingir o comprimento máximo teórico até o segundo ano, apresentando uma taxa de crescimento ( $k$ ) alta ( $k = 1,215 \text{ ano}^{-1}$ ) quando comparada às taxas de crescimento anteriormente estimadas para a espécie (GONZALEZ-CASTRO; ABACHIAN; PERROTTA, 2009; GARBIN *et al.*, 2014). A tainha possui um crescimento acelerado e uma longevidade menor que a estimada anteriormente, de dez anos para apenas cinco ou seis anos de vida (Figura 15). As implicações desse fato é um viés em relações aos planos de manejo e a tentativa de manter os estoques sustentáveis.

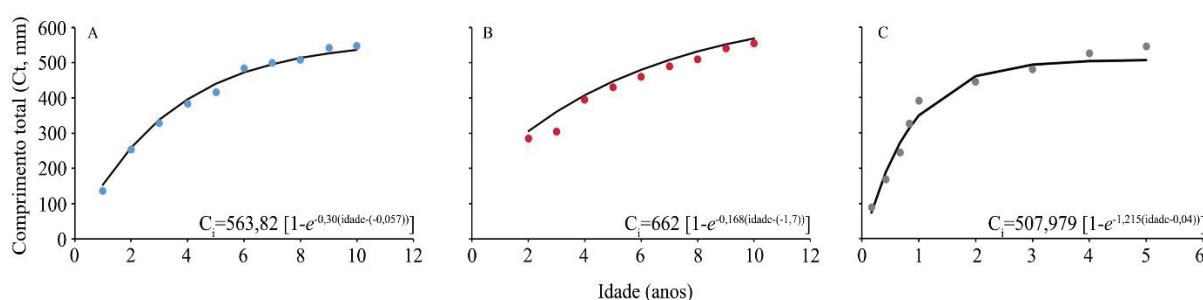


Figura 15 – *Mugil liza*. Curvas de crescimento do modelo de von Bertalanffy estimadas para a tainha. Dados de comprimento total médio nas idades em anos. A) Curva de crescimento adaptada aos dados de Gonzalez-Castro, Abachian e Perrotta, 2009. B) Curva de crescimento adaptada aos dados de Garbin *et al.*, 2014. C) Curva de crescimento estimada no presente trabalho. Fonte: O autor (2018).

O modelo de von Bertalanffy não se ajustou aos dados observados do comprimento total e da idade estimada pela leitura de otólitos, sendo necessário aplicar o modelo de



reparametrização de von Bertalanffy, o qual aproxima a curva do crescimento a um modelo linear (RATKOWSKY, 1985). A aplicação desse modelo se fez necessária por não haver indivíduos que representassem o início da curva do crescimento, ou seja, indivíduos que apresentassem menos de três anéis macroestruturais em seu otólito e, como observado no modelo anterior (retrocalculado) a curvatura é bem expressiva até o primeiro ano de idade (Figura 13). O crescimento começa a estabilizar a partir do segundo ano de vida, momento em que a curva lineariza, quando os peixes apresentam comprimento total em torno de 450 e 550 mm, e os investimentos energético são redirecionados do crescimento de tecidos somáticos para o crescimento de tecidos gonadais (MOYLE; CECHE, 2004).

Os parâmetros do crescimento do primeiro ano de vida da espécie ajustados a partir dos modelos de Gompertz e von Bertalanffy expressaram o crescimento da espécie. Porém o modelo mais apropriado para peixes jovens foi o de Gompertz (JONES, 1992) descrevendo o crescimento de *M. liza* durante o primeiro ano de vida, sendo este também, o modelo comumente utilizado para a modelagem do crescimento de peixes jovens (RICKER, 1979). Castellini *et al.* (2017) realizaram estudos do crescimento para indivíduos juvenis de *M. liza* na Argentina, com base em análises de incrementos diários em otólitos, descrevendo o crescimento com um modelo linear. Esses autores ainda revelam que indivíduos com comprimento total entre 19 e 72 mm apresentam idades entre 67 e 117 dias, semelhantes ao presente estudo (Tabela 4).

A validação da formação de anéis no primeiro ano de vida, com base na relação entre as análises (ultra, micro e macro), é uma abordagem nova para a espécie. Essa validação corroborou hipóteses sobre a formação de anéis não anuais, questionadas há muito tempo. Ao mesmo tempo ela fornece uma nova perspectiva de análise de idade e o crescimento não só para *M. liza*, mas também para outras espécies de peixes. A partir dela, foi possível compreender melhor o ciclo de vida da espécie, que em torno de dois a três meses após a desova os juvenis tendem a retornar ao estuário, onde crescem rapidamente. Dentro do primeiro ano de vida (por volta de 10 meses) esses indivíduos já estão aptos a iniciar o processo de maturação gonadal, e que possivelmente já passam a compor o estoque adulto que irá reiniciar o processo da migração reprodutiva. Após o segundo ano a taxa de crescimento começa a se estabilizar, no qual a maior parte da energia adquirida por meio da alimentação é voltada para a manutenção fisiológica (migração, reprodução) do peixe, sendo pouca energia destinada ao crescimento corpóreo.

Atualmente o tamanho mínimo de captura da tainha para a região sudeste e sul é de 350 mm (MMA, 2015). Este tamanho condiz com o comprimento total da primeira maturação para o estado do Rio de Janeiro (ALBIERI; ARAUJO, 2010), quando os indivíduos têm em

torno de 10 meses de vida. Em uma perspectiva pesqueira visando a gestão e a conservação da espécie, sugere-se que a idade ideal para a captura de exemplares de *M. liza* seja de um ano e meio a dois anos, quando esses indivíduos apresentam comprimento total entre 400 e 500 mm. Assim é possível garantir que os indivíduos tenham realizado pelo menos um ciclo reprodutivo completo (maturação, desova e recrutamento), fornecendo novos recrutas e mantendo os estoques pesqueiros em níveis sustentáveis.

## 6. CONCLUSÃO

As análises da estrutura dos otólitos empregadas no presente estudo, foram essenciais para estabelecer a idade e compreender o crescimento de jovens e adultos da tainha *Mugil liza*. Estabelecemos novas diretrizes para a atribuição da idade, o que implicou em uma nova interpretação do crescimento da espécie, que passou a apresentar uma longevidade menor e uma taxa de crescimento maior. Essa descoberta nos permite sugerir um modelo de manejo e gestão do recurso pesqueiro contribuindo para a conservação da espécie e mantendo seu estoque a nível sustentável.

## REFERÊNCIAS

- ABREU-MOTA, M. A.; MEDEIROS, R. P.; NOERNBERG, M. A. Resilience thinking applied to fisheries management: perspectives for the mullet fishery in Southern –Southeartern Brazil. **Reginal Environmental Change**, v. 18, p. 2047-2058, 2018.
- ALBIERI, R. J.; ARAÚJO, F. G. Reproductive biology of the mullet *Mugil liza* (Telostei: Mugilidae) in a tropical Brazilian bay. **Zoologia**, v. 27, n. 3, p. 331-340, 2010.
- ALDANONDO, N.; COTANO, U.; ÁLVAREZ, P.; URIARTE, A. Validation of the first annual increment deposition in the otoliths of European anchovy in the Bay of Biscay based on otolith microstructure analysis. **Marine and Freshwater Research**, v. 67, p. 943-950, 2016.
- APN – Agência Petrobrás de Notícia. Planeta Sustentável. Disponível em: <<http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/petrobras/petrobras-realiza-estudo-ambiental-baia-guanabara-629985.shtml?func=1&pag=0&fnt=14px>>. Acesso em: 11 de janeiro de 2017.
- BEAMISH R. J.; McFARLANE, G. A. The forgotten requirement for age validation in fisheries biology. **Transactions of the American Fish Society**, v. 112(6), p. 735–743, 1983.
- BEAMISH, R. J.; FOURNIER, D. A. A method for comparing the precisión of a set of age determinations. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 38, p. 982-983, 1981.
- BEGOT, L. H.; VIANNA, M. Legisla   o pesqueira costeira: o caso da ba  a de Guanabara, RJ. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 4, p. 497-520, 2014.
- CAMPANA, E. S. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. **Journal of Fish Biology**, v. 59, p. 197-242, 2001.
- CARVALHO-FILHO, A. Peixes: costa brasileira. 3. ed. **Melro, São Paulo**. 1999.
- CASTELLINI, D.; BROWN, D.; LAJUD, N. A.; ASTARLOA, J. M. D.; GONZÁLEZ-CASTRO, M. Juveniles recruitment and daily growth of the southern stock of *Mugil liza* (Actinopterygii: Fam. Mugilidae): new evidence for the current life-history model. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, p. 1-7.
- CASTRO, M. S.; BONECKER, A. C. T.; VALENTIN, J. L. Seasonal variation in fish larvae at the entrance of Guanabara Bay, Brazil. **Brazilian of Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 1, p. 121-128, 2005.
- CERMEÑO, P.; MORALES-NIN, B.; URIARTE, A. Juvenile European anchovy otolith microstructure. **Scientia Marina**, v.70, n. 3, p. 553–557, 2006.
- CHANG, W. Y. B. A statistical method for evaluating the reproducibility of age determination. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 39, p. 1008-1010, 1982.

EIRAS-STOFELLA, D. R.; CHARVET-ALMEIDA, P.; FANTA, E.; VIANNA, A. C. C. Surface ultrastructure of the Mulletts *Mugil curema*, *M. liza* and *M. platanus* (Mugilidae, Pisces). **Journal of Morphology**, v. 247, p. 122-133, 2001.

ESPINO-BARR, E.; GALLARDO-CABELLO, M.; GARCÍA-BOA, A.; PUENTE-GOMÉZ, M. Growth analysis of *Mugil cephalus* (Percoidei: Mugilidae) in Mexican Central Pacific. **Global Journal Fisheries and Aquaculture**, v. 3, n. 6, p. 238-246, 2015.

FAO – Food and Agriculture Organization. Methods of collecting and analysing size and age data for fish stock assessment. **FAO Fish. Circ.**, n. 736, p. 100. 1981.

FONTELES-FILHO, A. A.; Fatores da dinâmica populacional: crescimento. In\_\_\_. **Oceanografia, biologia e dinâmica populacional de recursos pesqueiros**. Expressão gráfica e editora, p. 398-422, 2011.

FRANCIS, M. P.; MCKENZIE, J.; MAOLAGÁIN, C. Attempted validation of the first annual growth zone in kingfish (*Seriola lalandi*) otoliths. **New Zealand Fisheries Assessment Report**, v. 8, p. 1–19, 2014.

GARBIN, T.; CASTELLO, J. P.; KINAS, P. G. Age, growth and mortality of the mullet *Mugil liza* in Brazil's southern and southeastern coastal regions. **Fisheries Research**, v. 149, p.61-68, 2014.

GAULDIE, R. W. Continuous and discontinuous growth in the otolith of *Macrurus navaezelandiae* (Merlucciidae: Teleostei). **Journal of morphology**, v. 216, p. 271-294, 1993.

GALDIE, R. W.; NELSON, D. G. A. Otolith growth in fishes. **Comparative biochemistry and physiology**, v. 97, n. 2, p. 119-135, 1990.

GEFFEN, A. J. Validation of otolith increment deposition rate. In: STENVENSON, D. K.; CAMPANA, S. E. Otolith microstructure examination and analysis. **Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 117, p. 1-11, 1992.

GONZÁLEZ-CASTRO, M.; ABACHIAN, V.; PERROTTA, R. G. Age and growth of the striped mullet, *Mugil platanus* Actinopterygii, Mugilidae), in a southwestern Atlantic coastal lagoon (37°32'S-57°19'W): a proposal for a life-history model. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 25, p. 61-66, 2009.

GONZÁLEZ-CASTRO, M.; MINOS, G. Sexuality and reproduction of mugilidae. In: CROSETTI, D.; BLABER, S. **Biology, ecology and culture of grey mullet (Mugilidae)**. CRC Press, Taylor e Francis Group, 2016.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia**. Artimed, 2011.

HERBST, D. F.; HANAZAKI, N. Local ecological knowledge of fishers about the life cycle and temporal patterns in the migration of mullet (*Mugil liza*) in Southern Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 12, n. 4, p. 879-890, 2014.

HUXLEY, J. S. **Problems of relative growth**. 2nd Ed. The John Hopkins University Press, Baltimore, 1993.

HSU, C. C.; TZENG, W. N. Validation of annular deposition in scales and otoliths of flathead mullet *Mugil cephalus*. **Zoological Studies**, v. 48, p. 640-68, 2009.

HSU, C. C.; CHANG, C. W.; IIZIKA, Y.; TZENG, W. N. A growth check deposited at estuarine arrival in otoliths of juvenile flathead mullet (*Mugil cephalus* L.). **Zoological Studies**, v. 48, p. 315-324, 2009.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Estatística da Pesca 2005**. Brasília: Ibama, 2005.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Estatística da Pesca 2006 Brasil: grandes regiões e unidades da federação**. Brasília: Ibama, 2006.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Estatística da Pesca 2007 Brasil: grandes regiões e unidades da federação**. Brasília: Ibama, 2007.

IBÁÑEZ, A. L. Age and growth of mugilidae. In: CROSETTI, D.; BLABER, S. **Biology, ecology and culture of grey mullet (Mugilidae)**. CRC Press, Taylor e Francis Group, 2016.

JABLONSKI, S.; AZEVEDO, A. F.; MOREIRA, L. H. A.; SILVA, O. C. A. Levantamento de dados da atividade pesqueira na baía de Guanabara como subsídio para a avaliação de impactos ambientais e a gestão da pesca. **IBAMA**, 2002.

JABLONSKI, S.; AZEVEDO, A. F.; MOREIRA, L. H. A. Fisheries and conflicts in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, **Brazil. Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, n. 1, p. 79-91, 2006.

JONES, C. M. Development and Application of the otolith increment technique. In: STENVENSON, D. K.; CAMPANA, S. E. Otolith microstructure examination and analysis. **Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 117, p. 1-11, 1992.

LEMO, V. M.; VARELA JR, A. S.; SCHWINGEL, P. R.; MUELBERT, J. H.; VIEIRA, J. P. Migration and reproductive biology of *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) in south Brazil. **Journal of Fish Biology**, v. 85, p. 671-687, 2014.

LEMO, V. M.; VARELA JR, A. S.; SCHWINGEL, P. R.; MUELBERT, J. H.; VIEIRA, J. P. Migration and reproductive biology of *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) in south Brazil. **Journal of Fish Biology**, v. 85, p. 671-687, 2014.

MAI, A. C. G.; MIÑO, C. I.; MARINS, L. F. F.; MONTEIRO-NETO, C.; MIRANDA, L.; SCHWINGEL, P. R.; VIEIRA, J. P. Microsatellite variation and genetic structuring in *Mugil liza* (Teleostei: Mugilidae) populations from Argentina and Brazil. **Estuarine Coastal and Shelf Science**, v. 149, p. 80–86, 2014.

MCCURDDY, W. J.; PANFILI, J.; MEUNIER, F. J.; GEFFEN, A. J.; PONTUAL, H.; Preparation and observation techniques – Preparation of calcified structures. In editors PANFILI, J.; PONTUAL, H.; TROADEC, H.; WRIGHT, P.J. **Manual of sclerochronology**. Brest, France: Ifremer-IRD coedition, 464 p, 2002.

MENEZES, N. A.; OLIVEIRA, C.; NIRCHIO, M. An old taxonomic dilemma: the identity of the western south Atlantic lebranche mullet (Teleostei: Perciformes: Mugilidae). **Zootaxa**, v. 2519, p. 59-68, 2010.

MIO, S. Age and growth of red sea bream, *Evmnis japonica* TANAKA. **Records of Oceanographic Works in Japan**, special number 5, p. 95-101, 1961.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Plano de gestão para o uso sustentável da tainha, *Mugil liza* Valenciennes, 1836, no sudeste e sul do Brasil**. Brasil, 2015.

MORALES-NIN, B. Determination of growth in bony fishes from otolith microstructure. **Rome**: FAO, 1992.

MORALES-NIN, B. Review of the growth regulation processes of otolith daily increment formation. **Fisheries Research**, v. 46, p. 53-67, 2000.

MORALES-NIN, B.; PANFILI, J. Validation and verification methods – Verification. In editors PANFILI, J.; PONTUAL, H.; TROADEC, H.; WRIGHT, P.J. **Manual of sclerochronology**. Brest, France: Ifremer-IRD coedition, 464 p 2002.

MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2008-2009**. Brasil, 2009.

MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2010**. Brasil, 2010.

MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011**. Brasil, 2011.

MULATO, I. P.; CORRÊA, B.; VIANNA, M. Distribuição espaço-temporal de *Micropongonias furnieri* (Perciformes scianidae) em um estuário tropical no sudeste do Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 41, n. 1, p. 1-18, 2015.

PANELLA, G. Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. **Science**, v. 173, p. 1124-1127, 1971.

PANFILI, J.; PONTUAL, H.; TROADEC, H.; WHIGTH, P. J. **Manual of fish sclerochronology**. Brest, France: Ifremer-IRD coedition, 2002.

PELD Guanabara. A Baía de Guanabara. Disponível em: <<http://www.lncc.br/peldguanabara/guanabara.php>>. Acesso em: 11 de janeiro de 2018.

QUINN II, T. J.; DERISO, R. B. **Quantitative Fish Dynamics**. Oxford University Press. ISBN 0-19-507631-1. New York, Oxford, 1999.

RATKOWSKY, D. A. Statistical properties of alternative parameterizations of the von Bertalanffy growth curve. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 43, p. 742-747, 1986.



REBERG-HAAS, S.; HAMMER, C.; HILLGRUBER, N.; HUSSY, K. TEMMING, A. Otolith microstructure analysis to resolve seasonal patterns of hatching and settlement in western Baltic cod. **Journal of Marine Science**, v. 69, p. 1367-1356, 2012.

RIBEIRO, C. H. A.; KJERFVE, B. Anthropogenic influence on the water quality in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. **Regional Environmental Change**, v. 3, p. 13-19, 2002.

RICKER, W. E. **Computation and interpretation of biological statistics of fish populations**. Bulletin 191, 1975.

RODRIGUES, C.; LAVRADO, H. P.; FALCÃO, A. P. C.; SILVA, S. H. G. Distribuição da ictiofauna capturada em arrasto de fundo na Baía de Guanabara – Rio de Janeiro – Brasil. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 65, n. 2, p. 199 -210, 2007.

SANTANA, F. M.; MORIZE, E.; CLAVIER, J.; LESSA, R. Otolith micro- and macrostructure analysis to improve accuracy of growth parameter estimation for White mullet *Mugil curema*. **Aquatic biology**, v. 7, p. 199-206, 2009.

SECOR, D. H.; DEAN, J. M.; LABAN, E. H. Otolith removal and preparation for microstructural examination. In: STENVENSON, D. K.; CAMPANA, S. E. Otolith microstructure examination and analysis. **Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 117, p. 17-57, 1992.

SILVA, F. S.; PEREIRA, D. C.; NUÑEZ, L. S.; KREPSK, N.; FONTANA, L. F.; NETO, J. A. B.; CRAPEZ, M. A. C. Bacteriological study of the superficial sediments of Guanabara bay, RJ, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 56, n. 1, p. 12-22, 2008.

SILVA-JUNIOR, D. R.; CARVALHO, D. M. T.; VIANNA, M. The catfish *Genidens genidens* (Cuvier, 1829) as a potential sentinel species in Brazilian estuarine waters. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 29, n. 6, p. 1297–1303, 2013.

SMITH, K. A.; DEGUARA, K. Formation and annual periodicity of opaque zones in sagittal otoliths of *Mugil cephalus* (Pisces: Mugilidae). **Marine and Freshwater Research**, v. 54, p. 57-67, 2003.

SOARES-GOMES, B. A. P.; DA GAMA, J.A. BAPTISTA-NETO, D. G.; FREIRE, R. C.; CORDEIRO, W.; MACHADO, M. C. BERNARDES, R. COUTINHI, F. THOMPSON, R.C. An environmental overview of Guanabara Bay, Rio de Janeiro. **Regional Studies in Marine Science**, v. 16, p. 1-23, 2016.

SOUSA, M. F.; FABRÉ, N. N.; BATISTA, V. S. Seasonal growth of *Mugil liza* Valenciennes, 1836 in a tropical estuarine system. **Journal of Applied Ichthyology**, v. 31, p. 627-632, 2015.

SPARRE, M. F.; VENEMA, S. C. Introduction to tropical fish stock assessment. Manual FAO Fisheries Technical Paper. **Rome: FAO**, 1998.

SPONAUGLE, S. Daily otolith increments in the early stages of tropical fish. In: GREEN, B. S.; MAPSTONE, B. D.; BEGG, G. C. G. **Tropical Fish Otoliths: Information for Assessment, Management and Ecology**. Springer Dordrecht Heidelberg London New York. 2009.

VALENTIN, J. L.; TENENBAUM, D. R.; BONECKER, S. L. C.; BONECKER, A. C. T.; NOGUEIRA, C. R.; VILLAC, M. C. O sistema planctônico da Baía de Guanabara: Síntese do conhecimento. **Oecologia Brasiliensis**, v. 7, p. 35-59, 1999.

VAZ-DOS-SANTOS, A. M. Otolitos em estudos de edad y crecimiento em peces. In VOLPEDO, A. V.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M. **Métodos de estudos com otolitos: princípios y aplicaciones**. 1ed. Edición bilingüe – Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2015. CAFP-BA-PIESCI. ISBN 978-987-33-8884-2.

VIGLIOLA, L.; MEEKAN, M. G. The Back-Calculation of fish Growth From Otoliths. In: GREEN, B. S.; MAPSTONE, B. D.; BEGG, G. C. G. **Tropical Fish Otoliths: Information for Assessment, Management and Ecology**. Springer Dordrecht Heidelberg London New York. 2009.

VON BERTALANFFY, L. A quantitative theory of organic growth. **Human Biology**, v.10, n. 2, p. 181-213, 1938.

WRIGTH, P. J.; PANFILI, J.; MORALES-NIN, B.; GEFFEN, A. J. Types of calcified structures. In: PANFILI, J.; PONTUAL, H.; TROADEC, H.; WHIGTH, P. J. **Manual of fish sclerochronology**. Brest, France: Ifremer-IRD coedition, p. 31-35, 2002.

ZAR, J. H. **Bioetastatistical analysis**. 5. ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall. 2010.